

Astronomische Briefe.

Von

Dr. J. H. Mädler,

Kaiserl. Russ. Hofrath und ordentlichem Professor der Astronomie, Ritter
des St. Annen-Ordens, Director der Sternwarte zu Dorpat.



Acc. 9961.

Mitau,

Verlag von G. A. Reyher.

1844

Ihrer Königlichen Hoheit

der

Frau Herzogin zu Anhalt

Friederike Wilhelmine Louise
Amalie

ehrfurchtsvoll gewidmet

von

J. H. Mädler.

Der Druck ist unter der Bedingung gestattet, daß, nach Be-
endigung desselben, die gesetzliche Anzahl der Exemplare an das
Censur-Comitât abgeliefert werde.

Dorpat, den 12. Februar 1844.

Censor Michael von Rosberg.

(L. S.)

4- XII A

1935

1000. n. t.

Vorbemerkungen.

Die Reihenfolge von astronomischen Briefen, welche ich zuerst in den wissenschaftlichen Beilagen der Augsburger Allgemeinen Zeitung veröffentlichte, erscheint hier, nochmals überarbeitet und vervollständigt, in einer geordneten Sammlung, der ich nur Weniges vorauszuschicken habe.

Mehr als je zeigt sich bei allen gebildeten Völkern, und bei dem deutschen insbesondere, das Bestreben, die Naturwissenschaften zu einem wahren Gemeingut zu machen. Was England durch seine Bridgewater Bücher bezweckte, was in Frankreich die ausgezeichnetsten Talente, Arago an ihrer Spitze, in ihren populären Schriften anstrebten, dazu haben auch in Deutschland manche tüchtige Gelehrte Hand an's Werk gelegt, und es dürfte keine Wissenschaft mehr übrig sein, zu der dem Volke nicht der Zugang vielfältig eröffnet worden wäre. Namentlich fand die Astronomie schon frühzeitig in Bode einen Vertreter, der sie auch dem Laien zugänglich zu machen ein langes

thätiges Leben hindurch mit großem Erfolge bemüht war. Wenn keiner seiner Nachfolger sich einer so großen und langdauernden Verbreitung seiner Werke erfreute, während doch die allgemeine Theilnahme für diese erhabene Wissenschaft sich seit jener Zeit so sehr vermehrte, so hat dies nur darin seinen Grund, daß immer Mehrere in seine Fußtapfen traten oder doch — mit mehrerem oder minderem Glück — zu treten versuchten, und daß die Arbeiten ausländischer Volkschriftsteller mehr und mehr durch Uebersetzungen zugänglich wurden; so wie andererseits darin, daß die Wissenschaften — und insbesondere die Astronomie — gegenwärtig in einer viel rascheren und vielseitigeren Entwicklung begriffen sind, als dies noch vor einem halben Jahrhundert der Fall war. Zehn Jahre sind jetzt mehr als hinreichend, um durch den Reichthum der inzwischen gemachten Fortschritte ein Werk als veraltet erscheinen zu lassen, während früher ein Menschenalter verging, ohne daß es einer wesentlichen Umarbeitung bedurft hätte — gewiß ein erfreulicher Zustand der Dinge und eine Aufforderung zum rastlosen Wirken an die, welche sich berufen fühlen, auf diesem Felde zu arbeiten.

Die hier gewählte Form — in der wir bereits von der gewandten Feder eines Brandes ein schätzbares Werk besitzen — ist zwar wenig geeignet, den systematischen Zusammenhang wissenschaftlicher Lehren zur klaren Anschauung zu bringen. Wer es auf ein ernsteres Studium der Himmelskunde abgesehen hat, den wird diese in einer andern Gestalt geboten werden müssen. Allein ein solches Studium ist nicht Jedem vergönnt. Mit jedem Jahre erweitert sich der Kreis des Wissenswürdigen; und selbst denen, die einem gelehrten Gewerbe ihr Leben widmen können, wird es je länger desto schwerer, alles dahin Gehörige vollkommen zu erfassen und klar zu überschauen.

Wie viel mehr denen, deren Kräfte und deren Zeit ein anderer Lebensberuf in Anspruch nimmt, und denen die Naturwissenschaften nur mehr eine geistige Erholung bieten können. Auch eine noch so populär gehaltene zusammenhängende Darstellung wird sie häufig genug unbefriedigt lassen müssen, da sie durchaus als Ein Ganzes aufgefaßt sein will.

Die Briefform dagegen, welche einzelne Abhandlungen, jede für sich allein selbstständig, darbietet, gewährt vor der systematisch gehaltenen den Vortheil, daß man einen bestimmten Gegenstand für sich allein auswählen und betrachten kann; vor der lexikalischen aber den einer größeren Vollständigkeit und eines leichteren Vermeidens häufiger Wiederholungen. Sie steht gleichsam zwischen beiden in der Mitte und macht keinen Anspruch darauf, eine oder die andere entbehrlich machen und verdrängen zu wollen. Ein in Briefform gehaltenes Werk verhält sich zu den eigentlichen Lehrbüchern eben so, wie die Vorträge der in jüngster Zeit entstandenen wissenschaftlichen Vereine zu einem regelmäßigen Cursus. Wer möchte behaupten, oder selbst nur wünschen, daß die letzteren darunter leiden, weniger als sonst frequentirt werden, weniger Nutzen als früher stiften möchten! Aber wer möchte andererseits verkennen, daß durch jene Vorträge der Sinn für wissenschaftliche Gegenstände bei einer weit größeren Zahl von Individuen geweckt und genährt worden sei, als dies durch cursorische Lectionen jemals möglich gewesen wäre!

Und so glaubt der Verfasser die zahlreichen Aeusserungen des Beifalls, welche diesen Briefen bei ihrem ersten Erscheinen zu Theil geworden sind, weniger seinem Darstellungstalent als dem allgemeinen und von nicht Wenigen tief gefühlten Bedürfnisse nach einer Belehrung

in dieser Form zuschreiben zu müssen. Einst war es ihm vergönnt, in seinem Geburtslande der Wissenschaft durch die lebendige Rede Freunde und Theilnehmer zu erwerben; jetzt, fern von der Heimath, vermag er es für diese nur noch durch das geschriebene Wort.

Aristoteles ward einst gefragt, woran man den Werth eines Buches erkennen könne: „Wenn der Autor alles Gehörige sagt, wenn er nur das Gehörige sagt, und wenn er es gehörig sagt.“ Dieses Ausspruch war ich bei meiner Arbeit eingedenk; möchte es mir gelungen sein, der Forderung des Stagyrten zu genügen.

Dorpat im Januar 1844.

Der Verfasser.

Astronomische Briefe.

I.

Geschichtliche Uebersicht. Von den ältesten Zeiten bis auf Ptolemäus.

Wenn es keinem Zweifel unterliegt, daß die Geschichte des menschlichen Geistes der erhabenste und wichtigste Theil der Weltgeschichte sei, so wird eine Darstellung des Entwicklungsganges einer Wissenschaft, worin dieser Menschengeist seine schönsten Triumphe feierte und sich zu den erhabensten Ideen aufschwang, für jeden Denkenden und Gebildeten vom höchsten Interesse sein. Welchen Weg nahm die Forschung vom ersten Anschauen jener Himmelslichter an bis zur vollendeten Darstellung der Bewegungen des Universums? Wie, wann und wodurch ist es gelungen, Messurthe und Waagschale in jene unerreichbaren Fernen zu tragen? Welches waren bei den verschiedenen Völkern und zu verschiedenen Zeiten die Vorstellungen, die man sich von den Himmels-

Maßler, Astronomische Briefe. I. I.

förperrn gebildet hatte? Welche Kämpfe mußte die richtigerere Erkenntniß bestehen, und wie gelang ihr endlich der Sieg? Gewährt uns die Astronomie das Bild eines ruhigen, von menschlichen Leidenschaften ungetrübten Fortschrittes, oder hat auch sie, wiewohl dem irdischen Thun und Treiben so fern liegend, das allgemeine Schicksal getheilt? Diese und viele andre Fragen sind gewiß der allgemeinsten Theilnahme würdig, und der Verfasser wird um so lieber bei ihnen etwas länger verweilen, als ihre Beantwortung zugleich vielfache Gelegenheit darbietet, die astronomischen Lehren selbst, wenigstens vorläufig, zu erläutern und die Aufmerksamkeit seiner Leser auf diejenigen Punkte zu richten, worauf es vor andern in der Astronomie ankommt. Es wird sich ergeben, daß sie doch etwas mehr sei als ein bloßes Rechenexempel, und daß die Unendlichkeit, in die sie uns einführt, noch etwas Andres und Höheres aufzuweisen habe als ungeheure Zahlen.

Die Himmelskunde kann auf ihrer gegenwärtigen Höhe nicht vergessen, daß auch sie ein langes Kindesalter durchlebt hat, und die Aufgabe ihres künftigen Geschichtschreibers (denn bis jetzt sind nur schwache Versuche gemacht worden), wird keine geringe sein, ihre Lösung auch kaum von der Gegenwart gehofft werden dürfen. Der erste Anfang der Astronomie hüllt sich in Dunkel, und wenn sie gleich — da ja Chronologie im Grunde selbst Astronomie ist — in Bezug auf ihr Datum weniger rathlos ist, als andre Zweige der Menschengeschichte, so können wir doch weder genau bestimmen wo, noch auch wann sie begonnen habe.

Wir dürfen indeß wohl annehmen, daß das erste denkende Wesen, welches die Erde bewohnte, auch seine Blicke zum Firmamente erhoben und den täglichen Lauf der Gestirne wahrgenommen habe, der so bedeutsam für seine Erden-geschäfte war. Wir gewahren bei den allerältesten Völkern,

daß der Wechsel des Mondes und der Lauf der Sonne ihnen die Zeittheilung gab, und wie wäre dies auch anders denkbar gewesen? Sind ja noch heut in Gegenden, die eines helleren Himmels sich erfreuen, insbesondere auf den Inseln der Südsee, astronomische Kenntniße bei den Eingebornen angetroffen worden, die die Europäer in Erstaunen setzen. Fast alle Bewohner der südlichen Halbkugel richten sich nach dem Sternbilde des Kreuzes und wissen sowohl die Himmelsgegend als die Zeit der Nacht durch dasselbe zu bestimmen. Ist dies auch noch bei Weitem keine Wissenschaft zu nennen, so war es doch der Anfang, aus dem in ununterbrochener Folgenreihe die Himmelskunde als Wissenschaft sich entwickelt hat. Denn nachdem dem dringendsten und augenblicklichsten Bedürfniß durch die erste roheste Einteilung des Jahres abgeholfen war, schritt man weiter, einerseits zur Bestimmung größerer Cycles, andererseits zur genauern Feststellung der Grundeinteilungen.

Unter dem reinen Himmel Südaßens und Egyptens begegnen wir den ersten Forschern, und sehen sie mit Beharrlichkeit lange Jahrhunderte hindurch die augenfälligsten und für die Zeitrechnung wichtigsten Phänomene, namentlich die Mond- und Sonnenfinsternisse nebst dem Auf- und Untergange der Sterne, beobachten. Die Chaldäer sind es hauptsächlich, welche die chronologische Grundlage feststellten; ihr 600 jähriger Saros ist das sprechendste Denkmal, wie ausdauernd sie bei ihrem Verfahren blieben. Im alten Indien hat man auch die Planeten beobachtet, ihre Zusammenkünfte unter sich und mit dem Monde bestimmt, und die Perioden ihres Umlaufs abgeleitet. Durch Rückwärtsberechnung solcher seltenen, von ihnen beobachteten Conjunctionen, sowie durch Vergleichung der von ihnen bestimmten cyclichen Perioden mit unsrer heutigen Theorie, hat sich die Behauptung des hohen Alters der indischen Astronomie

bestätigt: sie muß 1500 v. Chr. schon geblüht haben. In ein gleich hohes Alterthum steigen bei den Chinesen die Bestimmungen der Schiefe der Ekliptik und der geographischen Breiten, sowie die Kometenbeobachtungen; leider ist Vieles von dem, was jenes Volk in den ältesten geschichtlichen Zeiten geleistet, theils ganz für uns verloren, theils in einer so räthselhaften Gestalt zu uns gelangt, daß sich wenig Sicheres daraus ergibt. Daß die Priesterkaste Egyptens etwas von der Vorrückung der Nachtgleichen gewußt habe, ist allerdings sehr wahrscheinlich, und dies setzt gleichfalls Jahrhunderte von Beobachtungen voraus, die bei ihnen vorzugsweise Auf- und Untergänge der Gestirne betrafen. Das zwölf- bis funfzehntausendjährige Alter dagegen; was aus der Stellung der Bilder auf dem Thierkreise von Denderah gefolgert wurde, besteht die strenge Kritik nicht. Uebrigens ist die starre Abgeschlossenheit und Geheimhaltung, welche Egyptens Priester für nöthig hielten, Schuld daran, daß Alles, was sie geleistet haben mögen, für uns verloren ist. Die Ansprüche der Hebräer auf ein hohes Alterthum ihres chronologischen Systems und ihrer astronomischen Tafeln haben die Prüfung gleichfalls nicht bestanden; sie reichen kaum bis Esra hinauf.

In allem diesen gewahren wir indeß Nichts, was über das Bedürfniß, das Zeitmaß zu berichtigen, hinaus geht, und auf eine Erforschung des inneren Zusammenhanges der Erscheinungen deutet; Nichts, das uns zur Annahme künstlicher, genau getheilter Instrumente oder wohl gar der Ferngläser nöthigte — von letzteren ist es vielmehr gewiß, daß kein altes Volk die geringste Ahnung davon hatte — überhaupt keine einzige, sei es wahre, sei es falsche, Theorie zur Erklärung des Wahrgenommenen. Auch selbst bei den alten Griechen, deren philosophischer Geist sich nirgend mit dem Aeußerlichen begnügte, und die ihrem Scharf Sinne

in andern Zweigen des Wissens so manches unvergängliche Denkmal gesetzt hatten, ward es nicht besser und nicht heller. Ihre Theogenie, Kosmogonie und Geogenie hat nur das Reich der Fabeln erweitert; ihre Erklärungsversuche selbst der gewöhnlichsten Erscheinungen (wie der Mondphasen) sind mitunter unglaublich monströs und wunderlich; Keiner hat das Richtige getroffen, und die Weisesten unter ihnen, wie Sokrates und Plato, verzweifelden an einer Astronomie, die sich ihnen unter einem so trostlosen Bilde zeigte. Wohl will man einige Anklänge des Richtigen und Wahren bei den Pythagoräern finden, die das Feuer in den Mittelpunkt der Welt setzten — aber wie unbestimmt ist dieser Ausdruck und wie Wenig liegt in ihm! Wahrlich nur eine Auslegungskunst, die in Allem Alles findet, was sie finden will, konnte hierin eine Spur des Kopernikanischen Weltsystems finden.

Uebergangen wir dieses Chaos von Irrthümern, die uns die Meinungen des Thales, Zeno, Demokritos, Anaximenes, Leucipp u. A. darbieten, und lassen wir es unentschieden, ob nicht vielleicht spätere, ungeschickte Commentatoren den Alten einen schlimmen Dienst erzeigt und ihnen Lächerlichkeiten aufgebürdet haben, an die sie vielleicht nie dachten. Die wirklichen Verdienste der alten Griechen um die Astronomie beschränken sich auf Berichtigung der Zeitrechnung und der zum Grunde liegenden Perioden. Kleostratus aus Tenedos 532 J. v. Christo führte zur Ausgleichung des Mond- und Sonnenjahres eine 8 jährige Periode ein, in der jedes Jahr aus 12 Mondenmonaten bestand, denen dann noch überhaupt 3 Schaltmonate hinzugefügt wurden. Es hätten also 8 Sonnenjahre 99 Mondenmonate enthalten müssen. Der Fehler war etwa 36 Stunden in 8 Jahren. Harpalus bemerkte zwar den Fehler, aber seine Correction war eine irrthümliche.

Als vor Metons Zeit (434 v. Chr.) der Kalender schon

um 15 Tage abwich, unternahm er eine neue Kalenderverbesserung. Er setzte 19 Sonnenjahre $= 19 \times 12 + 7$ Mondenmonaten. Diese 235 Monate vertheilte er auf 19 Jahre so, daß das 3., 6., 8., 11., 13., 17., 19. Jahr 13 Monate, die übrigen 12 enthielten. Nach den neueren Bestimmungen aber enthalten

19 Sonnenjahre 6939 L. 14 St. 25 Min.

235 Mondenmonate 6939 „ 16 „ 31 „

der Fehler betrug folglich nach 2 Jahrhunderten noch keinen vollen Tag. Bei den olympischen Spielen, 432 v. Chr., schlug er den versammelten Griechen diesen Kalender vor; er ward einstimmig und mit großem Beifall aufgenommen, in ganz Griechenland und seinen Colonieländern eingeführt und auch von andern Völkern zum Grunde gelegt; so ist z. B. der altjüdische Kalender nichts als der Meton'sche mit unbedeutenden Abweichungen. Die Nummer der Jahre in dieser 19 jährigen Periode ward goldne Zahl genannt, unter welchem Namen sie noch heut gebräuchlich ist. Die Callippische 76 jährige Periode ist nichts als die vierfache Meton'sche und so angeordnet, um Behufs der Olympiadenrechnung eine durch 4 theilbare Zahl zu haben.

Metons Cyclus gewährte noch den Vortheil, daß auch die Finsternisse sich nahe zu nach dieser Periode richteten, indem die Mondsknoten, d. h. die Punkte, in welchen seine Bahn die Ebene der Erdbahn schneidet, einen Umlauf von 19 Jahren weniger 5 Monaten haben.

So stand es um die Himmelskunde, als die Akademie zu Alexandrien von Ptolemäus Soter gegründet ward. Schwerlich würde in Hellas, dessen eigentliche Blüthe schon gebrochen war, und das in Partekämpfen verblutete, sich ein Asyl für die Wissenschaften gefunden haben wie das, was die Freigebigkeit der Ptolemäer stiftete und wodurch

diese Dynastie, an der sonst mancher Makel haftet, sich einen ewigen Ruhm in der Weltgeschichte gesichert hat. Das prachtvolle Museum enthielt für die Weltweisen aller Länder wie aller Fächer Wohnungen, Laboratorien und Auditorien, und fast keiner schlug den Ruf aus, der ihm Schutz, Unterstützung und reichlichen Unterhalt verließ. Da sie alle entweder der Geburt oder doch der Bildung nach Griechen waren, und auch im Fortgange des Instituts meist Griechen dort wirkten, die Griechische Sprache auch die gelehrte Sprache blieb: so betrachtete die ägyptische Priester-schaft diesen Verein mit Neid und Mißgunst, sonderte sich völlig von ihm ab und theilte ihm nichts von ihren Kenntnissen mit. Es ist zwar höchst wahrscheinlich, daß die Welt dabei keine große Einbuße erlitt, indeß würden doch die astronomischen Arbeiten der Akademie manchen Nutzen von ihren Beobachtungen gezogen haben, da sie, wenn auch wohl nicht sehr genau, doch durch ihr hohes Alterthum geeignet gewesen wären, manche Frage rascher und mit größerer Sicherheit zu entscheiden.

Mit Aristillus und Timocharis eröffnet sich die Reihe der alexandriniischen Astronomen, 300 Jahre v. Chr. Sie bestimmten die Dörter der Fixsterne, zwar wahrscheinlich noch mit sehr rohen Hülfsmitteln, doch aber so genau, daß Hipparch, 150 Jahre später, ihre Arbeiten brauchbar fand. Früher hatte man die scheinbaren Abstände der Himmelskörper von einander bloß durch eine Schätzung nach Mondsdurchmessern gegeben. Bald nach ihnen erhalten wir sogar eine Astronomie in Versen. Aratus, unter Antigonus Gonatas lebend, war es, der des Eudorus Werk in metrische Form übertrug: ein schwaches Product, wodurch die Wissenschaft nichts gewinnen konnte. Weit wichtiger waren die Arbeiten Aristarch's von Samos. Er machte den Versuch, die Zeit genauer zu bestimmen, wo die Sonne

ihren höchsten und tiefsten Stand im Jahre erreiche. Er ist der Erste, der einen nicht durchaus unglücklichen Versuch machte, die Entfernung der beiden vorzüglichsten Himmelskörper zu bestimmen. Für den Mond fand er 56 Erdbalbmesser (nur 4 zu wenig), und die Größe des Mondes setzte er im Durchmesser $\frac{1}{3}$ der der Erde (im Nothen gleichfalls richtig). Ferner glaubte er für den Winkel, den Mond und Sonne an der Erde zur Zeit des ersten oder letzten Viertels machen, durch Beobachtung 87° gefunden zu haben, woraus für den Winkel an der Sonne 3° und hieraus die Entfernung der Sonne 19 mal größer als die des Mondes gefunden wird, und ihr Durchmesser 6 — 7 mal größer als der der Erde herauskommt. Dies ist nun freilich um mehr als das Zwanzigfache falsch, gleichwohl war die Methode, deren Aristarch sich bediente, an sich nicht zu tadeln. Wäre die Sonne, statt 400, nur 10 — 20 mal weiter entfernt als der Mond, so würde Aristarch's theoretisch richtiges Verfahren auch praktisch anwendbar gewesen sein. Das Nämliche läßt sich von einer noch künstlicheren Methode, welche vier Jahrhunderte später Ptolemäus anwandte, sagen. Er wollte aus der Größe des Erdschattens bei Mondfinsternissen das Problem lösen, und seine Theorie war nicht schuld daran, daß das Ziel verfehlt wurde. Wenn auch das Gelingen einer viel späteren Zeit vorbehalten bleiben mußte, so gewahren wir doch, welchen wichtigen Fortschritt das Studium schon kurze Zeit nach der Gründung der alexandrinischen Akademie gemacht hatte. Es war der Geist ächter Wissenschaftlichkeit, der hier waltete, und diejenigen sind sehr in Irrthum, welche in dem Museum nur eine Schule dialektischer Abspfecherei erblicken und wännen, der bis dahin freie Geist sei hier in die Fesseln eines prunkvollen Hoflebens und verächtlicher Schmeichelei geschlagen worden. Wahr ist es, daß nicht alle Zweige menschlicher Kunst und Wissen-

schaft eines gleich hohen Gewinnes als die mathematischen sich erfreuten; wahr ist es, daß Alexandrien keinen Dichter und Redner erzeugte, der mit den alten hellenischen einen Vergleich aushält: allein man klage deshalb nicht das Museum, nicht die Ptolemäer, sondern, wenn man will, das ganze Zeitalter an. Die mathematischen und Realwissenschaften dagegen haben nirgend im Alterthum sich zu einer solchen Blüthe erhoben als in Alexandrien. — Aristarch hat aber noch ein andres und wesentlicheres Verdienst. Er lehrte: die Erde drehe sich um ihre Ase, und zugleich in einem schiefen Kreise um die Sonne. Eine richtige, und zwar für jene Zeit sehr kühne Bemerkung, die freilich noch nicht das Kopernikanische selbst ist, aber gleichwohl, consequent verfolgt, dahin hätte führen können. Statt aber dies zu thun, klaubte man an seinen Worten und namentlich an der Behauptung, die Bahn der Erde verhalte sich zur Entfernung des Fixsternhimmels, wie der Mittelpunkt eines Kreises zur Peripherie. Nichtig verstanden, war dies ein sehr glücklich gewählter Ausdruck, der bis zur wirklichen Auffindung der Fixsternparallaxen (die erst von sieben Jahren her datirt), praktische Gültigkeit hatte. Statt dessen bewies ihm Archimedes, eine Bahn könne kein Punkt sein (als ob ein Aristarch dieser Belehrung bedurft hätte!), freute sich, ihn ad absurdum geführt zu haben, und seine glückliche Conception gerieth in Vergessenheit. Doch nein, die Priester hatten sie nicht vergessen. Kleantes klagte ihn öffentlich der Gotteslästerung an, weil er die Ruhe der Vesta und der Laren gestört habe: eine Beschuldigung, die wir zwei Jahrtausende später, übersetzt in die Sprache eines sich christlich nennenden Inquisitionstribunals, gegen Galiläi wiederholen sehen. — Auch von Euclides, der um jene Zeit lebte, haben wir ein astronomisches Werk; „Phänomene.“ Er handelt darin hauptsächlich von den Erscheinungen, welche

Auf- und Untergang der Gestirne auf der schiefen Kugel (zwischen Pol und Aequator) darbieten. Wahrscheinlich ist auch Manetho, ein ägyptischer Priester, in diese Zeit zu setzen, wiewohl das Werk, das uns von ihm erhalten ist, nur wenig Spuren echter Kenntnisse, dagegen größtentheils astrologische Träumereien enthält.

Zum Nachfolger Aristarch's berief Ptolemäus Evergetes den Eratosthenes, 276 v. Chr. in Kyrene geboren, und ließ auf dessen Vorschlag die großen metallenen Ringkugeln anfertigen, ähnlich denen, welche man noch heut zur Aufstellung von Globen anwendet. Nur waren sie beträchtlich größer, und mit aller damals möglichen Genauigkeit eingetheilt. Die Beobachtungen, welche Eratosthenes sowohl als seine Nachfolger an ihnen machten, sind ein Beweis der Sorgfalt, mit der sie gearbeitet waren. Jetzt konnte man die Durchgänge der Sterne durch den Meridian beobachten, was nicht allein bequemer, sondern auch viel genauer ist, als die Beobachtung der Auf- und Untergänge. Eratosthenes suchte die Schiefe der Ekliptik (die Neigung der Sonnen- oder Erdbahn gegen den Aequator) zu bestimmen, und fand sie $\frac{11}{166}$ des Umkreises, oder zwischen $23^{\circ} 50'$ und $23^{\circ} 52' 30''$. Man sieht, daß die Alten in der Theorie der Bruchrechnung ziemlich weit gekommen sein mußten, denn $\frac{11}{166}$ weicht nur um $\frac{1}{38000}$ von dem Mittel aus beiden Bestimmungen ab. Er bestimmte ferner die Bilder des Thierkreises, zählte 675 Sterne und soll den Durchmesser der Sonne 27 mal größer als den der Erde angenommen haben, freilich noch immer um das Vierfache zu klein; aber welcher Unterschied gegen den noch wenige Jahrhunderte vorher allgemein verbreiteten Glauben, die Erde sei wesentlich die Welt, alles Andre nur erhebliches Beiwerk derselben, was sich in den höhern Luftkreisen aufhält. Sein Versuch, die Größe der Erde zu

bestimmen, ist mehr der Methode als des Resultats wegen merkwürdig. Er nahm an, daß Alexandrien und Syene unter gleichem Meridian liegen, und daß die Entfernung beider Städte 5000 Stadien betrage (wie lang ist aber ein Stadium?). Da man nun bemerkt hatte, daß am längsten Tage die Sonne den Boden eines tiefen, senkrecht hinabgehenden Brunnens zu Syene bescheine, während sie an demselben Tage zu Alexandrien noch einen Schatten werfe, der $\frac{1}{50}$ des Kreisumfangs beträgt, so schloß er, daß die Erde $50 \times 5000 = 250000$ Stadien im Umfange habe. Man hat sich mit dieser und ähnlichen Aufgaben, die wohl alle mehr oder weniger Schätzungen und Mutmaßungen waren, unsäglich viel Mühe gegeben, und es ist zu verwundern, daß man die Erfolglosigkeit nicht vorhergesehen hat. Die Alten hatten gar kein so genau normirtes Längemaß als wir, und wenn es eines Beweises bedürfte, so könnten die folgenden Angaben über die Länge des altrömischen Fußes ihn liefern. Nach englischen Follen und deren Tausendtheilen ausgedrückt, hat sich dafür gefunden:

1) Aus 5 Denkmälern	11,535—11,662; Mittel	11,596	} Im all- gemei- nen Mit- tel 11650 Engl. Zoll.
2) „ 19 Metallmaß- stäben . . .	11,430—11,669; „	11,591	
3) „ Meilensteinen	11,572—11,602; „	11,591	
4) „ Orts- & Entfer- nungen . .	11,485—11,772; „	11,653	
5) „ Abmessungen ägyptischer Obe- lisk . . .	11,627—11,690; „	11,658	
6) „ Aus Ueberresten der Baukunst, 20 Be- stimmungen	11,647		
7) „ Höhlmaßen	11,815		

Bei diesem Zustande der Dinge hatten die alten Mathematiker Recht, wenn sie sich mit runden Zahlen begnügten, die am deutlichsten zeigen, daß sie auf die Genau-

igkeiten eigentlicher Messungen gar keinen Anspruch machen. So findet sich für die Größe der Erde:

Bei Aristoteles	400,000	Stadien
„ Eratosthenes	250,000	„
„ Posidonius	240,000	„
„ Cleomedes	300,000	„
„ Ptolemäus	180,000	„

Es ist wahrlich schwer einzusehen, wie Bailly in diesen rohen und runden Daten eine Genauigkeit hat finden können, deren die uns bekannten Alten nach seiner Meinung gar nicht fähig gewesen sein sollten, und die man deshalb einem vorlängst untergegangenen hochcultivirten Urvolke zuschreiben müsse, auf das er im Verlauf seines sonst verdienstlichen Werkes beständig wieder zurückkommt, und das nicht Alles, was wir jetzt wissen, sondern noch weit mehr erforscht und in vereinzelt Resultaten den Nachkommen überliefert haben sollte.

Conon von Samos würde keiner Erwähnung verdienet, da seine Beobachtungsmethode wieder die alte, unvollkommene (Auf- und Untergänge) war, wenn er nicht durch Einführung eines neuen Sternbildes (des Haupthaars der Berenice) sich einen ziemlich wohlfeilen Nachruhm erworben hätte, und von den beiden großen Geometern, Archimedes und Apollonius ist hier nur zu erwähnen, daß der Erste sich an einem Planetarium versucht, und Letzterer die Epicykel als Erklärung des scheinbar so verworrenen Planetenlaufes zuerst angewandt habe. Man denke sich einen Punkt A, um welchen ein Kreis B. beschreiben wird, während A sich selbst um einen zweiten Punkt C bewegt, so wird das, was B wirklich in Bezug auf C beschreibt, ein Epicykel sein. Man kann dies noch weiter vervielfältigen, wenn man auch C während derselben Zeit sich um einen dritten Punkt D bewegen läßt u. s. w.

Entschieden der größte Astronom des gesammten Alterthums ist Hipparch von Nicäa, 150 v. Chr. Er faßte den großen Plan, alle Grundlagen der Astronomie, so weit die damaligen Mittel reichten, festzustellen: die Länge des Jahrs, die Schiefe der Ekliptik, den Lauf des Mondes und der Sonne, dieörter der Sterne und vieles Andere. Zur genauen Zeitbestimmung hatte er freilich nur Wasser- und Sanduhren, indeß wußte sein Genie diese Mängel auf mancherlei Weise zu ersetzen, so daß er z. B. nichts desto weniger die Ungleichheit der wahren Sonnentage entdeckte, die doch für einen einzelnen Tag nie eine halbe Minute übersteigt^{*)}. Da der scheinbare Abstand eines Sternes von der Sonne sich direct nicht messen ließ, so maß er am Tage den Abstand des Mondes von der Sonne, in der darauf folgenden Nacht aber die eines Sternes vom Monde, und indem er den Lauf des Mondes in der Zwischenzeit berücksichtigte, erhielt er den Culminationsunterschied des Sternes und der Sonne, also auch die gerade Aufsteigung des letzteren, wenn die der Sonne bekannt war. Hatte er auf diese Weise eine Anzahl heller Sterne bestimmt, so dienten ihm diese zur Grundlage für die andern. An seine Ringkugeln brachte er Dioptern an, um beim Sehen genauer zielen zu können: auch soll er sich eines Rohrs bedient haben, um die Seitenstrahlen abzuhalten und schärfer zu sehen; Gläser aber befanden sich sicherlich nicht darin. Die von Eratosthenes beobachtete Lage der Sonnenbahn fand er richtig. Zur Bestimmung der Länge des Jahrs hatte er nur die vor 150

^{*)} Es ist hier keineswegs die Rede von der Ungleichheit der Tage und Nächte im Verlauf des Jahres, denn diese war auch in Alexandrien noch bedeutend genug, um ohne alle Werkzeuge wahrgenommen zu werden; sondern davon, daß die Zeit von einem Mittage zum andern nicht in aller Strenge sich gleich bleibt.

Jahren beobachteten Solstitien des Ari starch, die, mit seinen eigenen Beobachtungen verglichen, ihm 356 Tage 5 St. 55 Min. 12 Sec. gaben. Um es in Zukunft richtiger zu erhalten, schlug er die Beobachtungen der Nachtgleichen vor, deren Zeitpunkt sich viel genauer bestimmen läßt. Seinen Commentafeln gab er eine Einrichtung, die allen späteren Zeiten ein Muster gegolten hat; er gab in einer Tabelle die mittlere Bewegung, und in einer zweiten die Ungleichheit. Daß die Entfernung der Sonne von der Erde veränderlich sei, daß beim Monde ein Gleiches stattefinde, hat er erforscht; die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik und die Veränderung der Knoten bestimmt, die Nothwendigkeit, bei Sonnenfinsternissen auf die verschiedene Lage der Erdorte gegen den Erdmittelpunkt Rücksicht zu nehmen (Parallaxenrechnung), dargethan. Er bestimmte 1020 Sterne, deren Dertter er nicht auf den Aequator, sondern durch trigonometrische Rechnung auf die Ekliptik bezog. Dabei fand er, daß seit Timocharis sich die Längen der Sterne (ihre Abstände vom Anfangspunkte, gezählt in der Ekliptik) verändert, nemlich durchschnittlich um 2 Grad vermehrt hätten. Diese Präcession der Nachtgleichen ist wohl die wichtigste seiner Entdeckungen. Hätten wirklich die alten Egypter so hoch hinaufreichende Beobachtungen besessen, so hätte Hipparch nicht nöthig gehabt, aus einem so kurzen Zeitraume die Bestimmung abzuleiten; entweder theilten sie diese Beobachtungen aus Neid oder Haß nicht mit, oder sie besaßen keine, was im Grunde einerlei ist. — Zur Längenbestimmung auf der Erde schlug er die Finsternisse vor, in jener Zeit sicher das beste Mittel. In Allem, was wir von diesem großen Manne besitzen, zeigt sich eine Zweckmäßigkeit, eine Sicherheit in der Wahl seiner Mittel, eine Schärfe des Urtheils, wie sie bis dahin gänzlich ohne Beispiel sind. Mit einer außerordentlichen Schärfe des Verstandes verband

er eine Beharrlichkeit in Verfolgung seines Zieles, wie sie allen Forschern, und namentlich den Astronomen, zu wünschen wäre. Er war kein Freund gewagter Hypothesen, er liebte es nicht, durch kühn aufgebaute Systeme glänzen zu wollen. Er ist im vollsten und edelsten Sinne des Worts denkender Beobachter; er fühlte, daß es noch nicht an der Zeit sei, bis auf die letzten Gründe durchzudringen, und will lieber seinen Nachfolgern ein tüchtiges und brauchbares Material überliefern, als ihnen in Erklärung der Phänomene vorgreifen.

Die unmittelbaren Nachfolger Hipparch's waren seiner wenig würdig. Wir treffen fast drei Jahrhunderte hindurch auf mittelmäßige Leistungen, von denen nur Einzelnes Erwähnung verdient. Sulpicius Gallus sagt dem römischen Heere, das dem macedonischen bei Pydna gegenüber steht, eine Mondfinsterniß vorher, die in der Nacht vor der Schlacht sich ereignet. So gereichte sie nur den Macedoniern zum Schrecken, und der Sieg blieb Rom.

Cleomedes hat einige glückliche Ideen. Die Erde, sagte er, ist, von der Sonne aus gesehen, nur ein Punkt, von den Fixsternen aus sieht man sie gar nicht. Auch sind die Fixsterne keineswegs alle gleich weit entfernt (dies hatte schon Geminus 137 v. Chr. behauptet.) Er ist ferner Entdecker der astronomischen Strahlenbrechung. Man hatte nemlich bei einer Mondfinsterniß bemerkt, daß der (verfinsterte) Vollmond und die Sonne gleichzeitig über dem Horizont sichtbar waren. Cleomedes widersprach Anfangs der Wahrnehmung als einer unmöglichen, da aber die Zeugnisse nicht zu verwerfen waren, so dachte er dem Gegenstande nach, und kam darauf, daß der Lichtstrahl bei seinem Wege durch die Luft nicht gradlinigt, sondern in einer gegen die Erde concaven Krümmung hindurchgehe. — Posidonius ist ein Astronom von Scharffsinn und lebhafter Einbildungskraft,

der in seinen Erklärungen zum Theil sehr glücklich ist, zum Theil aber auch das Ziel ganz verfehlt. Er erkennt den Mond als Ursache der Ebbe und Fluth, er weiß auch schon, daß die Fluthen im Neu- und Vollmonde größer sind als in den Mondsvierteln. Daß Mond und Sonne beim Auf- und Untergange größer zu sein scheinen, erklärt er aus der Brechung in den Dünsten (während diese doch unmittelbar gerade das Gegentheil bewirken). Um das aschfarbene Licht der dunklen Mondseite zu erklären, denkt er eine Halbdurchsichtigkeit des Mondes. Für die Höhe der Atmosphäre hat er ziemlich richtig 400 Stadien, für den Mond 52 Erdhalbmesser, für die Sonne 13000 Erdhalben Entfernung (erstere Zahl um $\frac{1}{3}$, letztere nahe um die Hälfte zu klein). Indes sind diese Zahlen mit einigem Mißtrauen aufzunehmen: namentlich in Betreff der Entfernung unsrer Erde von der Sonne ist seine Meinung nicht ganz klar zu ermitteln.

Unter Julius Cäsar ward Anstalt gemacht, die in die größte Unordnung gerathenen römischen Kalender gründlich zu rectificiren. Es concurrirten hierbei viele Mathematiker, doch ist die Verbesserung hauptsächlich ein Werk des Alexandriner Sositeneus. Bis dahin hatten alle Völker den Mond zum Hauptregulator der Zeit erwählt, und man suchte (wie schon oben bemerkt) durch Einschaltungen das Mondjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinstimmung zu bringen. Sositeneus rieth, den Mond ganz aus dem Spiele zu lassen, und sich allein nach der Sonne zu richten. Im bisherigen römischen Jahre hatten die Monate folgende Längen:

Januar	29 Tage
Februar	28 "
März	31 "
April	29 "
Mai	31 "

	Juni	29 "
Quintilis	(Juli)	31 "
Sextilis	(August)	29 "
	September	29 "
	October	31 "
	November	29 "
	December	29 "

was ein Mondjahr von 355 Tagen gab. Jetzt wurde dem April, Juni, September und November 1 Tag, dem Januar, Sextilis und December 2 Tage hinzugefügt; der den unteren Göttern gewidmete Februar blieb so kurz wie er war, „ne Deum inferum religio mutaretur“. Der Quintilis ward zu Cäsars Ehren Julius, so wie später der Sextilis Augustus genannt. Die Länge des tropischen Jahres setzte Sositeneus auf 365 $\frac{1}{4}$ Tag, wohl wissend, daß dies etwas zu lang sei, aber in die Nothwendigkeit versetzt, ein leicht überschauliches Verhältniß aufzustellen, übrigens auch ganz richtig schließend, daß die damals bekannte Länge des Jahres doch noch immer um einige Minuten unsicher sei, und ein völlig genaues Anschließen des Kalenders an den Himmel daher der Zukunft überlassen werden müsse. Varro versuchte zuerst, die Dunkelheiten der altrömischen Chronologie durch die Mond- und Sonnenfinsternisse aufzuhellen, denn damals hatte man schon eine ziemliche Sicherheit in der Voraus- und Rückberechnung der Finsternisse gewonnen. Auch Sternbedeckungen durch den Mond beobachtete Agrippa und Menelaus. Schon fingen die Astronomen an, sich der Astrologie zu schämen und beide scharf von einander zu sondern. Geminus spricht namentlich tabelnd über die letztere und nennt Wetterprophezeihungen etwas sehr Unsicheres. Die Astrologen wurden auch oft von den alten Cäsaren aus Rom vertrieben, wiewohl mit schlechtem Erfolge, zumal da andere Cäsaren sie wieder schützten und begünstigten.

Man bediente sich unter Anderem der großen Obelisken, um durch die Länge ihres Schattens die geographische Breite zu bestimmen, und Manlius setzte auf die Spitze des großen Obelisken zu Rom eine Kugel, um ihren Halbschatten eliminiren zu können. Den Schatten, welchen die Sonne um Mittagzeit am Tage der Nachtgleichen warf, beobachtete man vorzüglich und fand, daß er sich zur Höhe des Geonom's verhalte in Rom wie 8:9, in Athen wie 3:4, in Rhodus wie 5:7, in Carthago wie 7:11 und in Alexandrien wie 3:5.

Die Astronomie im alten Rom hat übrigens nie viel bedeutet. Von der Menge beständig mit Astrologie verwechselt, von wichtigen Röpfen verlastet, konnte es ihr hier nicht gelingen einen Verehrer dauernd an ihren Dienst zu fesseln, und überhaupt war Alexandria noch immer der einzige Ort, wo brauchbare Beobachtungen angestellt werden konnten.

Geminus hat uns die Sternbilder, welche zu Hipparch's Zeiten eingeführt waren, aufgezählt. Ihrer sind 48, nemlich 21 nördlich über der Ekliptik: der große Bär, kleine Bär, Drache, Bootes, Krone, Hercules, Ophiuchus, Schlange, Leier, Schwan, Pfeil, Adler, Andromeda, Perseus, Fuhrmann, Triangel, Berenices Haar. 12 in der Ekliptik: Waßfisch, Orion, Fische, Eridanus, großer Hund, kleiner Hund, Schiff, Wasserschlange, Bock, Waage, Centaur, Wolf (auch Lanze), Altar (auch Rauchfaß), südliche Krone, Heroldstab, südlicher Fisch. Was jenseits des Horizontes von Alexandrien lag und also zu Hipparch's Zeiten dort nicht aufging, war gar nicht, auch überhaupt die tief südlich stehenden Sterne wenig bekannt, und Achernar im Eridanus, ein sehr glänzender Stern, ist der einzige, den die Alten unter den in Alexandrien nicht sichtbaren kannten^{*)}. Eben so

^{*)} Daher finden wir im Mittelalter, das sich ganz slavisch an

wenig ist bei irgend einem Alexandriner die Rede von einem Polarstern; Hipparch sagt sogar ausdrücklich, am Pole stehe kein Stern. Man wird dies begreiflich finden, wenn man erwägt, daß unser jetziger Polarstern damals 14 Grad vom Pole abstand, und auch kein anderer heller Stern in der Nähe war. Noch 300 Jahr etwa wird er sich von jetzt ab dem Pole nähern (bis auf $\frac{1}{3}$ Grad), dann aber sich von ihm stets weiter entfernen, bis zum Jahre 15000 n. Chr., so daß er über 2000 Jahre schon nicht mehr Polarstern wird heißen können.

Claudius Ptolemäus um 130 n. Chr. ist der zweite große Astronom des Alterthums. Von seinen zahlreichen Werken ist uns nur der einzige Almagest erhalten, allerdings ein Hauptwerk, das 1400 Jahre lang die Hauptquelle war, aus der die Welt ihre astronomischen Kenntnisse schöpfte. Sein Verfasser ward in dieser langen Zeit eben so unmäßig gelobt und erhoben, als später getadelt und des Plagiats beschuldigt, da er den Hipparch, von dem er doch das Meiste entlehnt hat, selten erwähnt. Allein man muß das Alterthum nicht mit dem Maßstabe der heutigen Literatur messen wollen. Wie konnte Ptolemäus, auf derselben Sternwarte wirkend, welche durch Hipparch berühmt geworden war, an einem Orte, wo man seine Schriften noch sämmtlich besaß und kannte, vernünftiger Weise hoffen, jene Arbeiten für die feinigen ausgeben zu können? Er theilte mit, was er an guten Beobachtungen und Bestimmungen vorfand, ohne jedesmal den Autor zu nennen. Für uns entsteht allerdings dadurch die Ungewißheit, ob etwas vom Ptolemäus selbst herrühre oder nicht. Er ist weniger behutsam und bedächtig als Hipparch und von einer lebhafteren

Ptolemäus hielt, die Behauptung, es gäbe um den Südpol herum gar keine Sterne, und Achernar sei der südlichste von allen.

Phantasie als jener. Unbestritten ist sein Verdienst um die Mondstheorie. Man hatte vor ihm den Mond nur im Voll- und Neumond (hauptsächlich den Finsternissen) beobachtet. Ptolemäus bestimmte seinen Ort in den Mondsvierteln, und nun sah er bald, daß die Annahme eines einfachen excentrischen Kreises, in dem sich der Mond mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewege, nicht mehr ausreiche. Er verband deshalb mit demselben die Epicykeln, allein auch diese erklärten die Sache nicht ganz. Seine Vorstellung war eine höchst verwickelte. Der Mond bewegt sich in seinem Epicykel auf dem Umfange eines großen Kreises, in dessen Mittelpunkt die Erde nicht liegt, vielmehr wird der Mittelpunkt des excentrischen Kreises selbst in einem kleinen Kreise um die Erde geführt. Hätte Ptolemäus den Mond auch in den übrigen Lagen beobachtet, so würde er bald bemerkt haben, daß seine Hypothese trotz aller Künstlichkeit doch nicht ausreiche. Er verfertigte sich zu diesen Beobachtungen ein eigenes Instrument, das Triquetrum. Zwei hölzerne 7 Fuß lange Lineale waren jedes in 60 Theile getheilt, und diese in einer Winkelspitze so mit einander verbunden, daß das eine bewegliche durch Drehung von dem andern unbeweglichen beliebig entfernt werden konnte. Ein drittes Lineal vollendete das Dreieck und war in ähnliche Theile getheilt. Mit diesem senkrecht aufgestellten Instrumente maß er Scheitelabstände, und aus dem Unterschiede der theoretisch berechneten und der gemessenen folgerete er die Parallaxe des Mondes, die er indessen beträchtlich zu groß fand. Er setzte den Abstand des Mondes in den Syzygien (Voll- und Neumond) zwischen $53\frac{1}{2}$ und 64 Erdhalbmessern, was nahezu richtig ist, in den Quadraturen dagegen auf 33 bis 44, was erheblich falsch ist. Seine Beobachtungen reducirte er genauer, als man bis dahin gethan hatte, so daß er selbst kleine Verbesserungen anbrachte, die innerhalb der unvermeid-

lichen Beobachtungsfehler lagen. Allein es war ihm um eine genaue Methode zu thun und er glaubte deshalb nicht scharf genug bei der Berechnung verfahren zu können. Die Entfernung der Sonne suchte er aus der Größe des Erdschattens bei Mondfinsternissen zu bestimmen, was nicht gelingen konnte, aus Gründen, die damals noch nicht erkennbar waren. Das Hinderniß war und blieb die zu große Entfernung der Sonne.

Am bekanntesten ist Ptolemäus geworden durch seinen Versuch, die Bewegungen der Planeten zu erklären. Das wechselweise Vor- und Rückwärtsgehen und der zwischen inne liegende Stillstand, sowie die sehr ungleichen Breiten (Entfernungen nach Norden oder Süden von der Ekliptik), zu welchen der Planet gelangte, hatte noch Niemand zu erklären versucht, so viel wir wissen. Ptolemäus half sich mit den schon früher eingeführten Epicykeln. Hätte er sich los machen können von der allgemeinen Vorstellung einer Ruhe der Erde, so hätte ihn wohl sein Scharfſinn zum wahren Weltssysteme führen können. So half er sich dadurch, daß er die Planeten um einen idealen Mittelpunkt führte, und diesen Mittelpunkt um die Erde, wenn nöthig in einem excentrischen Kreise, laufen ließ. Sowohl dieser excentrische Kreis als der Epicykel neigte sich gegen die Ekliptik und zwar nannte Ptolemäus die Neigung des excentrischen Kreises Deviation, und die des Epicykels gegen den excentrischen Kreis Inclination. Mit dieser künstlichen Vorrichtung waren indeß nur die Bewegungen der Planeten in Bezug auf die Fixsterne erklärt, und es mußten nun noch außerdem die Fixsterne sammt den Planeten, kurz der ganze Himmel, in 24 Stunden um die Erde laufen. Diese letztere Bewegung wurde einem allgemeinen primum mobile zugeschrieben.

Schwerlich hat dieses System seinen Urheber selbst völ-

lig befriedigt, seine eigenen Aeußerungen deuten auf nichts weniger, als auf feste Ueberzeugung. Er gesteht, daß es nicht ganz ausreiche (und dies beweist, daß seine Beobachtungen ziemlich genau sein mußten), er sah sich genöthigt, die beiden Neigungen noch durch besondere oscillirende Bewegungen veränderlich zu machen und dergleichen. Er fühlt den Mangel an Einfachheit, „doch,“ setzt er hinzu, „muß denn in der Natur Alles einfach sein? Wenn die einfachen Erklärungen nicht zureichen, so muß man andre mögliche Voraussetzungen wählen, und zufrieden sein, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären lassen.“ Wahrlich der große Mann hat wohl auf nichts weniger gerechnet, als auf die stockblinde Nachbeterei, mit der sein System anderthalb Jahrtausende hindurch als astronomisches Evangelium gegolten hat. Das aber dürfte befremdend sein, daß Ptolemäus die schon von den alten Egyptern herrührende Meinung, Merkur und Venus liefen nicht direct um die Erde, sondern gleichsam als Trabanten um die Sonne und nur mit dieser um die Erde, nicht in sein System aufgenommen hat, wenn man nicht hierin einen neuen Beweis sehen will, daß die alexandrinischen Gelehrten und das Collegium der ägyptischen Priester einander vollständig ignorirten und sich nichts gegenseitig verdanken mochten.

Die Thätigkeit dieses außerordentlichen Mannes erstreckte sich noch über viele andre Zweige der Wissenschaft: er schrieb über Chronologie, Optik, Musik, Onomonik, Geographie; doch sind seine übrigen Werke sämmtlich untergegangen. Er starb im 78 Jahre, und mit ihm auf immer der Ruhm Alexandriens. Wir sind, was die Astronomie betrifft, am Schlusse des Alterthums angelangt.

II.

Von Ptolemäus bis zur Wiedererweckung der Astronomie in Europa.

Sollen wir ein Bild des traurigsten und trostlosesten Verfalles entwerfen, der die auf Ptolemäus folgenden Jahrhunderte bezeichnet? Erzählen, wie die Erde wieder flach wird, wie ein Wasser die Weltare befeuchtet, damit sie sich bei der Umdrehung nicht entzünde, wie die Sonne (nach Isidor) allen Völkern der Erde gleichzeitig aufgeht? In den wenigen Büchern, die aus dem 6. und 7. Jahrhundert auf uns gekommen sind, findet sich oft gar keine Spur einer auch nur historischen Kenntniß der großen Entdeckungen der Alexandriner. 800 Jahre nach Hipparch will Leontius einen Himmelsglobus machen und nimmt — das Gedicht des Aratus zur Grundlage, wobei er sich doch noch über die Abweichung wundert, aber ohne von der Präcession, die sie bewirken mußte, etwas zu ahnen. Genug davon! —

In Arabiens Sandwüsten, unter der glühenden tropischen Sonne, die von einem ewig heiteren Himmel herniederstrahlt, wo ein kühlender Thau nur dann die Geschöpfe der Erde erfrischt, wenn die Gestirne funkeln, sind diese von undenklichen Zeiten her göttlich verehrt worden. In Abul-Farajis Commentationen werden namentlich Sirius, Canopus und Aldebaran, sowie Merkur und Jupiter, als göttliche Wesen aufgeführt. Sie hatten auch Friedensmonate, in denen alle ihre Kriegen ruhten, und deren Eintritt durch das Wiedererscheinen solcher vergötterter Sterne bestimmt

ward. Mit Muhamed's Reformation hörte zwar dieser Sterndienst und der ganze Sabäismus auf, allein es trat etwas Besseres an seine Stelle — Beobachtungen der Himmelskörper. Allerdings nicht sogleich, denn zwei Jahrhunderte des Fanatismus und der rohen Herrschaft des Schwertes liegen dazwischen, und in diesen ward durch Omar den Barbaren die alexandrinische Bibliothek den Flammen geopfert. „Was diese Bücher enthalten, steht entweder im Koran, und dann sind sie unnütz, oder es steht nicht darin, und dann sind sie verderblich.“ Wollte Gott, Omar und seine Araber wären die Einzigen gewesen, die in ähnlicher Weise argumentirt hätten!

Man hat indeß einigen Grund, zu vermuthen, daß doch nicht Alles zerstört worden sei, ja Einige haben die ganze Erzählung in Zweifel gezogen, und in der That hätte es eines Omar's nicht bedurft, dem vor 922 Jahren gegründeten Museum den Todesstoß zu geben, da dies längst nur noch ein Leichnam war, der ein trauriges Scheinleben fortführte. Wir finden wenigstens bei den Arabern, sobald sie sich der Wissenschaft widmeten, sogleich mehrere wichtige alexandrinische Werke, und sie haben uns durch ihre Uebersetzungen nicht wenige erhalten, so wie manche jetzt für uns verlorne (z. B. die Optik des Ptolemäus) noch besitzen. —

Eine Reihe vortrefflicher, die Wissenschaften eifrig befördernder Kalifen begann mit Al-Mansur, dem Vater Harun al Raschid's. Unter ihm ward Bagdad ein neuer Mittelpunkt geistiger Cultur. Bekannt sind Harun al Raschid's Geschenke an Karl den Großen, besonders die Wasseruhr, welche die Stunden schlug. Vor Allem aber ist Al-Mamun, der dritte Kalif dieser Reihe, anzuführen. Sein Vater hatte die Wissenschaften bloß beschützt, er hat sich selbst mit ihnen eifrig beschäftigt, und aus allen

Ländern Gelehrte in Bagdad versammelt. Nach einem siegreichen Feldzuge gegen die Byzantiner, deren Gesandte um Frieden baten, erbot er sich zur Wiederherausgabe des Erbkönigs, so wie zur unentgeltlichen Freilassung aller Gefangenen, unter der Bedingung, daß Kaiser Michael III. ihm die Erlaubniß ertheile, von allen in Griechenland vorhandenen wissenschaftlichen Büchern eine arabische Uebersetzung anfertigen zu lassen. Bei diesen Uebersetzungen, zu denen er unverzüglich schritt, führte er selbst den Voratz, und den Anfang machte Ptolemäus' Almagest.

So wurde wenigstens von den Wissenschaften gerettet, was noch zu retten war, und einer besseren Zeit überliefert. Denn wesentliche Bereicherungen verdankt die Astronomie den Arabern sehr wenige; es blieb meistens bei Anfängen und Versuchen. Mit einer starken Dosis Astrologie versehen, erhob sie sich nicht über das Ptolemäische System, und neben diesem begegnen wir manchen sonderbaren Irrthümern. So will Messala beweisen, daß die Sonne größer als die Erde sei, und verfährt folgender Maßen: wäre die Sonne eben so groß oder kleiner als die Erde, so würde ihr Schatten sich bis in's Unendliche erstrecken und in jeder Nacht einen Theil der Sterne verfinstern. —

Die Bestimmung der Schiefe der Ekliptik war ein Hauptaugenmerk dieser Astronomen. Cholid, Sened und Ali's beobachteten für $827 : 23^{\circ} 33' 52''$; Mahamed, Ahmed und Hasan im Jahre 859 dagegen $23^{\circ} 35'$. — Alfraganus hat uns Auszüge aus dem Almagest gegeben; Thebit die Länge des siderischen Jahres fast ganz richtig auf $365 \text{ T. } 6 \text{ St. } 9' 12''$ bestimmt. Er glaubte auch eine Nutation zu bemerken, irrte sich aber sowohl in der Sache, als in der Erklärung. — Den Albategnius (Al-Baten) hat man den arabischen Hipparch genannt. Die

ward. Mit Muhamed's Reformation hörte zwar dieser Sterndienst und der ganze Sabäismus auf, allein es trat etwas Besseres an seine Stelle — Beobachtungen der Himmelskörper. Allerdings nicht sogleich, denn zwei Jahrhunderte des Fanatismus und der rohen Herrschaft des Schwertes liegen dazwischen, und in diesen ward durch Omar den Barbaren die alexandrinische Bibliothek den Flammen geopfert. „Was diese Bücher enthalten, steht entweder im Koran, und dann sind sie unnütz, oder es steht nicht darin, und dann sind sie verderblich.“ Wollte Gott, Omar und seine Araber wären die Einzigen gewesen, die in ähnlicher Weise argumentirt hätten!

Man hat indeß einigen Grund, zu vermuthen, daß doch nicht Alles zerstört worden sei, ja Einige haben die ganze Erzählung in Zweifel gezogen, und in der That hätte es eines Omar's nicht bedurft, dem vor 922 Jahren gegründeten Museum den Todesstoß zu geben, da dies längst nur noch ein Leichnam war, der ein trauriges Scheinleben fortführte. Wir finden wenigstens bei den Arabern, sobald sie sich der Wissenschaft widmeten, sogleich mehrere wichtige alexandrinische Werke, und sie haben uns durch ihre Uebersetzungen nicht wenige erhalten, so wie manche jetzt für uns verlorne (z. B. die Optik des Ptolemäus) noch besitzen. —

Eine Reihe vortrefflicher, die Wissenschaften eifrig fördernder Kalifen begann mit Al-Mansur, dem Vater Harun al Raschid's. Unter ihm ward Bagdad ein neuer Mittelpunkt geistiger Cultur. Bekannt sind Harun al Raschid's Geschenke an Karl den Großen, besonders die Wasseruhr, welche die Stunden schlug. Vor Allem aber ist Al-Mamun, der dritte Kalif dieser Reihe, anzuführen. Sein Vater hatte die Wissenschaften bloß beschützt, er hat sich selbst mit ihnen eifrig beschäftigt, und aus allen

Ländern Gelehrte in Bagdad versammelt. Nach einem siegreichen Feldzuge gegen die Byzantiner, deren Gesandte um Frieden baten, erbot er sich zur Wiederherausgabe des Erzbüchens, so wohl zur unentgeltlichen Freilassung aller Gefangenen, unter der Bedingung, daß Kaiser Michael III. ihm die Erlaubniß ertheile, von allen in Griechenland vorhandenen wissenschaftlichen Büchern eine arabische Uebersetzung anfertigen zu lassen. Bei diesen Uebersetzungen, zu denen er unverzüglich schritt, führte er selbst den Vorstoß, und den Anfang machte Ptolemäus' Almagest.

So wurde wenigstens von den Wissenschaften gerettet, was noch zu retten war, und einer besseren Zeit überliefert. Denn wesentliche Bereicherungen verdankt die Astronomie den Arabern sehr wenige; es blieb meistens bei Anfängen und Versuchen. Mit einer starken Dosis Astrologie versezt, erhob sie sich nicht über das Ptolemäische System, und neben diesem begegnen wir manchen sonderbaren Irrthümern. So will Messala beweisen, daß die Sonne größer als die Erde sei, und verfährt folgender Maßen: wäre die Sonne eben so groß oder kleiner als die Erde, so würde ihr Schatten sich bis in's Unendliche erstrecken und in jeder Nacht einen Theil der Sterne verfinstern. —

Die Bestimmung der Schiefe der Elliptik war ein Hauptaugenmerk dieser Astronomen. Chalik, Sened und Ali's beobachteten für 827 : $23^{\circ} 33' 52''$; Muhamed, Ahmed und Hasan im Jahre 859 dagegen $23^{\circ} 35'$. — Alfraganus hat uns Auszüge aus dem Almagest gegeben; Thebit die Länge des siderischen Jahres fast ganz richtig auf 365 T. 6 St. 9' 12" bestimmt. Er glaubte auch eine Nutation zu bemerken, irrte sich aber sowohl in der Sache, als in der Erklärung. — Den Albategnius (Al-Baten) hat man den arabischen Hipparch genannt. Die

wichtige Entdeckung von der Verschiebung derjenigen Punkte, wo die Erde der Sonne am nächsten und am entferntesten steht (Vortrückung der Apsiden) ist unbestritten sein Werk. Arzachel versuchte später, aber ohne glücklichen Erfolg, diese Angabe zu verbessern, indem er zu finden glaubte, diese Vortrückung sei nur eine Schwankung, und ein ähnliches Ab- und Zunehmen finde Statt in der Excentricität (der Entfernung des Mittelpunktes einer Bahn vom Hauptkörper). — Alhazen zeigte, die obere Luft müsse dünner sein, als die untere, sonst würde keine Strahlenbrechung darin stattfinden; zugleich versuchte er ihre Höhe zu berechnen, und den Tag der kürzesten Dämmerung zu bestimmen. Zur Bestimmung der Refraction schlug er vor, die oberen und unteren Meridiandurchgänge der nicht untergehenden Sterne zu beobachten — noch jetzt die beste Methode. Malek Schah berief Astronomen, um die Länge des tropischen Jahres zu bestimmen; sie fanden 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec., und müssen folglich sehr gute alte Beobachtungen verglichen haben. Um einen richtigen Kalender zu erhalten, schlug Omar Chesam einen 33jährigen Cyclus mit 8 Schalttagen vor, so daß statt des 32. Jahres erst das 33. ein solches sein sollte: ein Vorschlag, der der Wahrheit noch näher kommt, als selbst die Gregorianische Einrichtung. — Das freundliche Bild ward jedoch auf mancherlei Weise getrübt. Statt, wie die Alten thaten, die Astrologie mehr und mehr auszuscheiden, sehen wir zuletzt die arabische Astronomie fast ganz in jener Asterwissenschaft untergehen. Auf 1186 war der Untergang der Welt verkündigt worden (ähnlich wie im christlichen Europa auf 1524, 1777, 1809 und 1836), und schon früher hatte Albumasar der christlichen Religion eine Dauer von 1460 und der muhamedanischen eine von 544 Jahren vorhergesagt. Alpetragius gab den Planeten ein eigenes Licht, und zwar nicht gestützt auf Beobachtungen,

ondern aus allerlei sonderbaren Gründen; etwa wie umgekehrt Vitruv das Stillstehen der Planeten in der Nähe der Oppositionen dadurch erklärte, daß sie zu weit von der Sonne entfernt seien und ihren Weg nicht mehr sehen könnten. Zwar erzählt er diese Meinung nur, und macht auch eine Einwendung dagegen, nemlich die Planeten seien göttliche Wesen, die das Licht immer bemerkten, und die Sonne scheine überall hin. — Noch ist zu erwähnen, daß wir den Arabern die erste wirkliche Gradmessung verdanken. Sie ward in den Ebenen von Sennaar ausgeführt und ergab 56 arabische Meilen für den Grad; die arabische Meile hatte 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerstenkörner, und so sind wir mit dieser arabischen Meile und folglich der ganzen Gradmessung im Grunde nicht besser daran, als mit den angeblichen alten, und ohne ein festes genaues Normalmaß, für dessen immerwährende Aufbewahrung und Integrität die möglichste Sorgfalt getragen wird, würden die Nachkommen von unsern Gradmessungen gleichfalls keinen Nutzen ziehen können. Snellius glaubt für den rheinländischen Fuß im Mittel 89 Gerstenkörner gefunden zu haben, woraus für den Grad in Nubien 58,363 Toisen (also etwa 1500 so viel) folgen würde.

Das von Bagdad ausgehende Licht hatte einzelne Strahlen nach Spanien und Persien, so wie zu den Tartaren und Mongolen ausgesandt, die auch noch glänzten, als die Hauptquelle schon verlegt war; freilich nur dürftig und auf kurze Zeit. In Spanien arbeitete Alphons, König von Kastilien, von mehreren Gelehrten unterstützt, an der Verbesserung der Sonnentafeln. Wie schon Averroes vor ihm, so hatte auch er Zweifel am Ptolemäischen System und meinte, ein allweiser Schöpfer würde die Welt gewiß einfacher eingerichtet haben. Dieser Ausdruck, von unwissenden, fanatischen Mönchen zur Gotteslästerung gestempelt,

ward sein Verderben. Nicht das Diadem, das er mit Ehren getragen, nicht der Name des Weisen, den Zeitgenossen und Nachwelt ihm gegeben, vermochte ihn zu schützen. Sein eigener Oheim sprach vor den versammelten Ständen seine Verurtheilung und Absetzung aus; verlassen und arm endete er sein Leben in Sevilla. — In Persien arbeitete man an astronomischen Tafeln und kannte und benutzte die alten. Ihre Sternbilder sind in einigen Benennungen von den griechischen verschieden, oder wenigstens durch Umschreibung gegeben. So heißt Bootes die große Eva, Ophiuchus die kleine Eva, Orion der Gewaltige, Hercules der Knieende Mann, Cassiopeja der Mann auf dem Stuhle, Andromeda das gefesselte Weib, Perseus der Mann, der den Weiberkopf hält. Man sieht, sie hatten einen alten Globus mit Bildern, aber ohne Namen, oder doch mit solchen, die ihnen nicht recht verständlich waren. Dschingischah wünschte sich vergebens einen Astronomen; erst seinem Enkel Hulagu gelang es, den berühmten Nasireddin zu gewinnen, dem er eine Sternwarte zu Marasch baute. Vorher hatte er eifrig Nachrichten von allen bekannten Sternwarten gesammelt, um die seinige darnach einzurichten. Hauptzweck derselben war, Verbesserung der Ptolemäischen Tafeln durch Beobachtungen. Nasireddin hatte 30 Jahre gefordert; Hulagu's Ungebuld bewilligte ihm nur 12 dazu, und dies trägt wohl die Schuld, daß diese unter dem Namen Ilekani'sche bekannten Tafeln den Ptolemäischen an Genauigkeit im Ganzen nachstehen, und sie überdies größtentheils nur copiren.

Auch noch der Enkel Timur's, der Usbake Ulugh-Beigh, in Samarkand herrschend, beförderte, während seiner mehr als 40jährigen Regierung, die astronomische Wissenschaft. Die Direction der prachtvollen Sternwarte, die er mit großen Kosten zu Stande brachte, führte er selbst, und

die berufenen Astronomen waren nur seine Mitarbeiter. Doch sind die Erzählungen von der ungeheuren Größe seiner Instrumente (z. B. eines Quadranten, dessen Radius gleich der Höhe der Sophienkirche in Konstantinopel) wohl übertrieben, wenigstens hätten solche Kolosse die Wissenschaften nicht gefördert. Es ist übrigens bekannt, daß man in jenen Zeiten durch immer weiter gehende Vergrößerung der Kreise und Quadranten allen Fehlern abhelfen zu können glaubte, ähnlich, wie man später Alles darein setzte, Fernröhre von ungeheurer Länge zu machen, und z. B. in Frankreich unter Cassini bis über 200 Fuß ging. Alsuphi, ein Araber, reducirte für ihn das Fixsternverzeichnis des Hipparch mit Hilfe der damals schon ziemlich gut bekannten Präcession. Ulugh-Beigh prüfte diese Dertter an seinen Instrumenten, fand sie nicht genau genug und unternahm es sie zu berichtigen. Die große Arbeit kam wirklich zu Stande und wird seinen Namen sicherer verewigen, als es seine Eroberungen vermöchten *). Der treffliche Fürst fiel von der Hand seines eigenen Sohnes, der sich gegen ihn empört hatte.

Wir haben hauptsächlich nur derjenigen Bemühungen der Vorzeit, die auf die gegenwärtig in Europa blühende Wissenschaft einen Einfluß ausgeübt haben, gedenken wollen. Deshalb übergehen wir die Siamesen und Tibetaner, so wie nicht minder die Peruaner, Araucanen und die Anwohner des Maranhon, bei denen sich größere oder geringere Bruchstücke astronomischer Kenntnisse aufweisen lassen. Nur die Chinesen, deren wir schon oben beiläufig erwähnten, dürfen nicht ganz bei Seite gesetzt werden.

*) Vor Kurzem hat die Londoner astronomische Gesellschaft die Tafeln Ulugh-Beigh's in einer neuen Ausgabe, mit kritischen Bemerkungen versehen, in ihrer Sammlung älterer astronomischer Tafeln erscheinen lassen.

Es hat mit den Beobachtungen der Chinesen, wie überhaupt mit ihren Wissenschaften, eine eigenthümliche Bewandniß. Dieses Volk besitzt allerdings eine, und gerade für den Astronomen überaus wichtige Eigenschaft — nemlich die eifernste Beharrlichkeit. Wer weiß es nicht, daß sie schon in grauer Vorzeit Werke ausgeführt haben, gegen welche unsere Tunneln und Eisenbahnen wahre Kinderspiele sind. Aber unglücklicher Weise verbindet sich mit dieser höchst löblichen Tugend eine so blinde Verehrung des Alten, wie man vielleicht bei keinem andern Volke findet, und zugleich ein so lächerlich übertriebener Nationalstolz, daß der Chineser die Welt nur in China sieht. Dieses genau kennen zu lernen, ist das Hauptziel seiner Wissenschaft, und wenn er hier Alles bis auf das geringste Theilchen gemessen, gezählt und bestimmt hat, so ist er fertig, denn wie viel oder wie wenig Barbarenländer es außerhalb der Grenzen des himmlischen Reiches gebe, ist ihm durchaus gleichgültig. So hat denn auch dort das Firmament nur Bezug auf China. Die großen Sonnenfinsternisse z. B. bezeichnen den Untergang chinesischer Dynastien oder etwas dem Ähnliches, sie sind deshalb eine wichtige Staatsangelegenheit. Man hat Beispiele, daß falsch berechnete oder nicht voraus verkündigte Finsternisse an den kaiserlichen Astronomen mit dem Tode bestraft worden sind. Dr. Gaubil theilt uns folgenden merkwürdigen Vorfall mit:

„Im Jahre 31 nach Chr. trat eine große Sonnenfinsterniß ein, die nicht vorher angekündigt war. Der Kaiser verbrachte fünf Tage in einsamen Gebeten und Betrachtungen über sich selbst, und erließ hierauf folgendes Edict: „Der Anblick der Sonne und des Mondes erinnert uns, an uns selbst zu denken. Wir müssen uns bessern, um dadurch dem Uebel zuvorzukommen, mit dem uns der Himmel droht.“ Ich kann kaum reden, ich zittere beim Anblick meiner Fehler.

Ich befehle, daß die Großen meines Reiches mir aufrichtig ihren Rath in versiegelten Schreiben geben, und ich will nicht, daß man mir den Titel Ching beilege““. Eins dieser Gutachten wird uns mitgetheilt: „Nach den Regeln der Astronomie müssen die Sonnenfinsternisse nur am ersten Tage des Monats erscheinen, *) indeß sind seit einigen Jahren mehrere am letzten Tage erschienen. Dies kommt daher; weil der Mond seine Bewegung beschleunigt hat, und dadurch die Zeit der Finsterniß zu früh kommt. Die Sonne ist das Bild des Fürsten; der Mond das Bild der Unterthanen, deren Fehler gewöhnlich aus den Fehlern der Fürsten entspringen““).

Im Chinesischen Reichskalender (den in jedem Jahre der Kaiser selbst vorher genau prüft) ist auf der ersten Seite jeder andre Kalender bei Todesstrafe verboten; seine Nichtannahme würde schon für Empörung gelten. Bei Sonnenfinsternissen wird die Erscheinung mit der davon entworfenen Zeichnung sowohl vom Kaiser als von den Mandarinen sorgfältig verglichen. Die Menge in den Städten erhebt ein fürchterliches Geräusch mit Trommeln und lärmenden Instrumenten, peitscht noch obendrein die Hunde, um sie tüchtig bellen und heulen zu machen, und dies Alles, um den großen Drachen zu verschrecken, der die Sonne verschlingen will. (Dies ist allerdings nur Böbelmeinung, und der höher gestellte Chineser kennt den wahren Grund der Finsternisse recht gut).

*) Die Chinesen hatten Mondmonate, die mit dem Neumond angingen.

**) Sollte der Mann wohl gar etwas von der Theorie der Mondstörungen gewußt und unter diesem Bilde versteckt haben?

Bekanntlich hatte China's Omar, der Kaiser Schi-hoang-ti, vor etwa zweitausend Jahren die chinesischen Bücher verbrannt, und darunter auch die astronomischen. Indes stellte man sie bald nachher, theils aus Erinnerungen alter Leute, theils aus anderweitig geretteten Bruchstücken wieder her, denn des Brevels, an ihrer Stelle etwas Neues zu schaffen, hätte kein Chinese sich schuldig gemacht. Mag nun diese Herstellung doch keine recht genaue gewesen sein, oder mag es andre Ursachen gehabt haben, genug, der Himmel und die Tabellen stimmten je länger desto schlechter, und man mußte zuletzt sich zu dem Härtesten entschließen und eine allgemeine Reform der Astronomie decretiren. Ohang war es, der den gefährlichen Auftrag erhielt; und in der That, der Mann hat für einen Chinesen alles Mögliche gethan. Er verfertigte neue Sonnentafeln, edirte ein Sternverzeichnis nebst Sternkarten, schickte zwei Gesellschaften von Mathematikern, eine nach Norden, die andre nach Süden, um das Reich zu messen und zu beschreiben; auch besaß er eine Methode, die Längen auf der Erde zu bestimmen. Mitten in seinen gelehrten Arbeiten traf ihn das Unglück, daß nach einander zwei von ihm voraus verkündigte Finsternisse nicht eintrafen. In der äußersten Verlegenheit schob er den Fehler auf eine Zerrüttung des Himmels, veranlaßt durch eine Bedeckung des Sirius durch die Venus. Sirius hat 38° südl. Breite und Venus kann nie über 10° erreichen. Indes mundus vult decipi, ergo —

Das Wichtigste, was wir eigentlich den Bemühungen dieses Volks verdanken, sind seine Kometenbeobachtungen. Die alten Griechen, Römer, Byzantiner u. s. w. erzählen uns zwar Manches von Kometen, aber leider Nichts, was wir brauchen könnten, und in Alexandrien ist keine Rede von ihnen. Weder Hipparch noch Ptolemäus haben sich um sie bekümmert, weil sie sie wahrscheinlich gar nicht für

rechte Himmelskörper hielten. Wir würden bis in's funfzehnte Jahrhundert hinab so viel als Nichts von diesen Körpern wissen, wenn nicht die Chinesen in's Mittel träten und durch ihre allerdings rohen, aber dennoch zweckmäßigen Beobachtungen des Orts der Kometen die Lücke einigermaßen ausfüllten. Aberglaube aller Art in Beziehung auf die Kometen herrschte zwar auch in China, doch scheint er dort die Menschen nicht so gänzlich blind für das Wesentliche gemacht zu haben als leider in Europa. Es fehlt auch dort nicht an Uebertreibungen der Länge des Schweifs, des fächerlichen Ansehns und dgl., doch so grob als die Abendländer haben sie nicht gelogen, wie man aus der Vergleichung der dies- und jenseitigen Berichte über denselben Kometen sieht. Ihre Ortsbestimmungen sind, wie schon erwähnt, nicht sehr genau, geben bloße Längen in der Ekliptik an, ohne die Breiten, die dem Berechner doch eben so wichtig sind; auch sind sie nicht frei von Widersprüchen und unverständlichen Stellen: gleichwohl haben Burckhardt und andere Astronomen aus den chinesischen Daten, vom Jahre 240 unserer Zeitrechnung an, einige näherungsweise berechnete Bahnen ableiten können, und diese wenigen sind über ein Jahrtausend hindurch die einzigen, welche wir haben. Wie lächerlich und sonderbar uns daher Manches an diesem Volke auch scheinen mag, nie wird der Europäer es in Abrede stellen können, daß er ihnen in den Wissenschaften wie in andern Beziehungen so Manches verdanke, was auf keine andre Weise zu erlangen war.

III.

Vom 14. Jahrhundert bis auf Kopernikus.

Wie wir gesehen haben, waren die Leistungen der Araber nicht ohne alle Wirkung auf das Abendland geblieben. Gegenseitiger Fanatismus verhinderte zwar einen allgemeinen und dauernden Einfluß, doch war das Uebergewicht auf jener Seite so groß, daß dießseits die Anerkennung nicht ausbleiben konnte. Cordova's Hochschule ward selbst in der Zeit des bittersten Religionshasses von Schülern aus katholischen Staaten besucht, und wo es wichtige Fragen zu entscheiden galt, sahen wir den christlichen Gelehrten mit den Bekennern des Mosaismus und des Islam zur gemeinsamen Arbeit und Berathung vereint. Aber wir müssen mit Beschränkung gestehn, daß der Antheil des Ostern ein sehr geringer war. Die unglaubliche Unwissenheit des frühern Mittelalters hatte einer mittelmäßigen historischen Kenntniß der Alten Platz gemacht, und die Zahl der Commentatoren, Compilatoren und Epitomatoren, die mit dem Ende des zehnten Jahrhunderts beginnt, ist nicht so sehr gering. Weidler und Niccioli führen mehr als funfzig auf, die bis zur Mitte des funfzehnten Jahrhunderts hin über Astronomie schrieben, und deren Werke zum Theil später gedruckt wurden; aber nicht Einer von ihnen hat die Wissenschaft theoretisch oder praktisch bereichert, wenn wir nicht etwa Johann v. Dinerit's Werke ausnehmen wollen, der dieörter von 48 Sternen durch eigene Beobachtungen im Jahre 1364 bestimmt haben soll, oder B. d'Alili, der gegen Ende des

14. Jahrhunderts auf den Fehler des Julianischen Kalenders aufmerksam machte, freilich ohne Gehör zu finden. Ein Zeitalter, in welchem Bischof Albert den Beinamen Magnus erhalten und für den größten Gelehrten seiner Zeit gelten konnte, bloß dadurch, daß er mehr vom Almagest wußte, als seine Zeitgenossen — denn geleistet hat er nicht das Geringsste — kann keinen Anspruch auf wissenschaftliche Bedeutung machen.

Roger Baco, den gelehrten und scharfsinnigen Britten, würde man indeß nicht ganz mit Recht mit den erwähnten Scribenten verwechseln. Er scheint wirklich selbstständig geforscht zu haben, und jedenfalls war er einer jener philosophischen Geister, die selbst in den ungünstigsten Jahrhunderten ihre Blicke auf das Wesen der Dinge zu richten nicht unterlassen können. Aber was er im Fache der Optik — worüber er sich am meisten verbreitete — wirklich geleistet haben möge, läßt sich nicht wohl entscheiden: gewiß aber ist es wohl, daß er das Fernrohr weder kannte noch erfand, sondern höchstens einige, zwar keineswegs irthümliche, aber nicht ausreichende theoretische Ideen über dasselbe hatte; und daß nur die Theorie der Hohlspiegel einige wirkliche Bereicherungen durch ihn erhalten hat. Denn er behauptet geradezu unmögliche Dinge, die Niemand, der mit Fernröhren und Mikroskopen wirklich arbeitet, jemals behaupten wird *). Ob er das Schießpulver erfunden habe, bleibt hier außer der Frage: gewiß aber ist es Baco's Unglück, nicht ein Jahrtausend früher, oder ein halbes Jahrtausend später geboren worden zu sein: so würde er wahrhaft Großes geleistet haben und neben einem Hipparch und Newton

*) Er will z. B. bewirken, daß ein Kind als ein Riese, ein Mensch so groß als ein Berg, ein kleiner Trupp als ein großes Heer erscheine u. s. w.

genannt werden. Das 13. Jahrhundert nöthigte ihn Mönch zu werden, um ruhiger studiren zu können, ja es verfolgte ihn auch in die Stille seines Klosters hinein. Der Zauberer angeklagt, verbot man ihm zu schreiben und warf ihn in ein enges Gefängniß. Vor den geistlichen Tribunalen jener Zeit wären sämmtliche heutige Akademien und Universitäten in pleno der Ketzerei und Zauberei angeklagt und verurtheilt worden, denn Keger hieß damals Jeder, der eine neue Wahrheit entdeckte, und Zauberer Jeder, der ein neues Werkzeug erfand, oder irgend etwas besser zu machen verstand, als der blind nachbetende große Haufe.

Deutschland war es, das den ersten Astronomen der neuern Zeit erzeugte; Georg Peurbach sein Name, 1423 sein Geburtsjahr. Er studirte schon in früher Jugend zu Wien den Almagest, allein ohne sich dadurch befriedigt zu fühlen. Seine Theorie kann hier nicht auseinandergesetzt werden: sie war sinnreich aber falsch. Peurbach, der im noch nicht vollendeten 38. Jahre starb, hinterließ einen Schüler, Johann Müller, Regiomontan genannt, da er zu Königsberg in Franken 1436 geboren war. Er trat in Wien und Rom als Lehrer der Astronomie auf und es glückte ihm, einen reichen Bürger zu Nürnberg, Walter, für die Astronomie zu gewinnen. Dieser schaffte mit großen Kosten Instrumente an, gründete sogar in seinem Hause eine Druckerei, und Beide arbeiteten nun gemeinschaftlich aufs Eifrigste. Eins ihrer Instrumente war sowohl für Beobachtungen, die auf den Aequator, als auch für solche, die auf die Ekliptik bezogen werden sollten, eingerichtet. Einst fanden sie den Mars fast zwei volle Grade von dem Orte entfernt, den ihm die Tafeln gaben; sie suchten diese also zu verbessern. Die Zeit bestimmten sie durch die Fixsterne; früher hatte man nur die so höchst unvollkommenen Sand- und Wasseruhren. 1472 gewahrten sie einen Kometen, der erste in Europa be-

obachtete. — Sixtus IV. berief den Regiomontanus nach Rom, da er die Absicht hatte, den Kalender zu verbessern; hier aber starb dieser im 40. Jahre seines Alters, und die Verbesserung unterblieb. Walter setzte seine Beobachtungen allein fort und überlebte seinen Genossen um 28 Jahre. — Eine ihrer Beobachtungsmethoden hat lange Zeit Anwendung gefunden: sie maßen den Abstand eines Planeten, Kometen u. s. w. von zweien Fixsternen möglichst gleichzeitig. Seit 1484 bediente sich Walter auch einer genaueren Uhr.

Fracaſtor (oder vielmehr Turrius, denn Fracaſtor sagt selbst, daß er von diesem seine Ideen habe) versuchte lauter kreisförmige Bahnen an die Stelle der Ptolemäischen excentrischen Epicykel zu setzen. Da er aber mit einem Kreise — wenn anders die Erde in Ruhe bleiben sollte — nicht ausreichte, so vervielfältigte er sie so sehr, daß er z. B. für Saturn 17, für Jupiter 11 u. s. w., überhaupt für das Planetensystem, incl. Mond und Sonne, 73 verschiedene Sphären in einander schachtelte, wozu noch 6 für die Fixsterne kamen. Fracaſtor zeigt sich in seinen Schriften als einen hellen philosophischen Kopf, der sich nicht durch Autoritäten verblenden läßt; doch in der Planetentheorie ist er offenbar nicht glücklich gewesen und Vorgänger des Kopernikus scheint er nur in so fern genannt werden zu können, als er die Unhaltbarkeit des Ptolemäischen Systems erkannte.

Nicolaus Kopernikus (Köpernik), geboren zu Thorn 1472. Der große Ruf Regiomontanus (er war bei dessen Tode 4 Jahre alt) entflammte schon in seiner frühen Jugend in ihm die Begierde nach gleichem Ruhme. 23 Jahr alt, reiste er nach Vologna, um Dominicus Maria zu hören, und half diesem bei seinen Beobachtungen. Bei seiner Rückkehr zum Canonicus in Frauenburg ernannt, konnte er sich fortan ungestört den Wissenschaften widmen.

Wie viel oder wie wenig er den Meinungen der Alten — einem Nicetas, Aristarch, oder den alten Pythagoräern — verdankt, ist hier nicht der Ort, ausführlicher zu untersuchen. Daß er in den Alten nützliche Winke gefunden, äußert Kopernikus selbst; sein System verdankte er sicherlich nur sich. Wenn es so leicht gewesen wäre, das richtige System in jenen Äußerungen der Alten zu finden, als manche Philosophen nach Kopernikus geglaubt haben, wie hätte es denn eine so lange Zeit selbst denen verborgen bleiben können, die auf's Eifrigste darnach suchten? Standen sie ja doch jenen Alten näher, als Kopernikus, und als wir ihnen stehen! Aber es hat weder bei Amerika's Auf- findung, noch bei der Buchdruckerkunst, noch bei irgend einer andern Epoche machenden Entdeckung an Leuten gefehlt, die uneingedenk des alten

„Hic liber est, in quo sua quaerit dogmata quisque, invenit et pariter dogmata quisque sua.“

sogleich mit den alten Citaten zur Hand waren, die sie nun mit einem Male zu deuten mußten, gleich als ob die classischen Alten das ausschließliche Privilegium des Schaffens gehabt hätten und wir uns darauf beschränken müßten, sie zu studiren. Kopernikus, wie alle großen Männer der alten und neuen Zeit, studirte die Natur, diese ewige Lehrmeisterin denkender Geister. Was aus dem Studium der Bücher, wenn es als das Einzige und Höchste betrachtet wird, hervorgehen kann, hat ein langes Jahrtausend uns zur Genüge gezeigt.

Drei und zwanzig Jahre beobachtete und forschte er, um ein der Natur entsprechendes und einfaches System aufzustellen, denn alle bisherigen waren weder das Eine noch das Andere. Zuerst hob er das Unbegreiflichste von Allem, die 24stündige Ummwälzung des ganzen Universums um die Erde, durch eine Rotation der Erde um sich selbst auf, die gleichförmig in

der Ebene des Aequators vor sich ging. Hierauf setzte er die Sonne in den Mittelpunkt als ruhenden Körper, und ließ um sie die verschiedenen Planeten, folglich auch die Erde selbst, sich in excentrischen Kreisen drehen. Einer dieser Kreise, die Erdbahn, trat nun an die Stelle der bisherigen Sonnenbahn. Ihre Ebene, die Ekliptik, legte er zu Grunde und bezog die Neigungen der übrigen Planetenkreise nur einfach auf diese Grundebene. Nur der Mond lief noch, wie im Ptolemäischen System, um die Erde. Da er übrigens den excentrischen Kreis beibehielt, so sah er sich, um eine Uebereinstimmung mit dem Himmel zu erhalten, gleichwohl genöthigt, noch Epicyklen anzubringen oder auch die Mittelpunkte der Kreise sich um andre ideale Punkte bewegen zu lassen. Die Wegschaffung dieser kleinen Unvollkommenheiten gelang erst Kepler durch Einführung der Ellipse.

Lange Kämpfe er mit sich selbst und mit seinen Freunden, ob er dies System veröffentlichen solle. Die inländigen und unablässigen Witten der Legtern stiegten zuletzt. Er schickte die Handschrift nach Deutschland und im Jahre 1543 erschien Copernici Astronomia instaurata sive de revolutionibus orbium coelestium libri sex, Norimbergae; nebst einer Dedicationschrift an den Papst Paul III. Er geht Schritt vor Schritt, er bleibt keinen Beweis schuldig, läßt keinen Einwurf unbeachtet und unbeantwortet. Er tritt der Meinung aller Zeitgenossen, Gelehrter wie Ungerlehrter, gegenüber, er greift eine Autorität an, die Jahrtausende geherrscht hatte, er widerspricht dem Augenscheine, auf den sich Jeder berufen zu können glaubt, er verwundet endlich den Stolz des Erdbewohners an seiner empfindlichsten Seite. Und als ob es damit noch nicht genug sei, auch die sich über Alles erhabenen dünkenden Theologen macht er sich noch ganz besonders zu Feinden, denn er wagt es, ihrer Schriftauslegung eine ganz andre zu substituiren! „Das that der Geist der Ordnung,

der in ihm wohnte; der, selbst vom Himmel stammend, sein eignes Wesen in seine Werke hinaustrug, und Ordnung um so leichter erkannte, als er selbst durch innere Stärke freier geblieben war.“ (Lichtenberg). — Als das erste gedruckte Exemplar des unsterblichen Werkes in Frauenburg anlangte, lag sein Urheber auf dem Sterbebette, und es war der letzte Strahl seines Bewußtseins, daß er das Buch in die Hand nahm und seine Freude ausdrückte. Wenige Stunden, und sein Geist hatte diese Erde verlassen *).

Der heftige Streit, der über die neue Lehre entbrannte, hat jetzt, ähnlich wie der über die Rundung der Erde, die Antipoden und dgl. nur noch historische Wichtigkeit: die Zeiten, wo ein Riccioli 77 Gründe wider und 49 Gründe für Kopernikus in Reih und Glied gegen einander aufmarschieren ließ (*Almagestes Novus* T. II. lib. IX.) sind vorübergegangen; die Bauern in Hirsau sind gleichfalls beruhigte und Mercker (*Sur l'impossibilité des Systemes de Copernic et de Newton*, Paris 1806) dürfte der Letzte gewesen sein, der im Ernst etwas dagegen hatte. Indessen dürften zwei Einwürfe hier deshalb eine Stelle verdienen, weil sie sich bei näherer Untersuchung nicht bloß gehoben, sondern in directe Beweise für das Kopernikanische System verwandelt haben, und weil sie uns Veranlassung geben, zwei in der Astronomie höchst wichtige Gegenstände zu erläutern.

Der erste schon von Ptolemäus (*Almag.* I. I. c. 7) geltend gemachte Einwurf gegen die tägliche Rotation ist folgender: Wenn man einen Stein gerade in die Höhe wirft, so könnte er, falls inzwischen die Erde rotirte, nicht an dem Punkte niederfallen, wo man ihn aufwarf, sondern weit nach Westen entfernt (wenn es unter dem Aequator

*) Am 11. Juli 1543.

geschähe, für jede Secunde 1500 Fuß). So dürfte z. B. die Turmtaube ihr Nest nicht verlassen und sich in die Luft erheben, aus Furcht, ihre Zungen nicht wieder zu sehen. — Allein die Bewegung der Erde um ihre Ase theilt sich allen Körpern, die zu gehören, mit, sie mögen durch Cohäsion damit verbunden sein, lose darauf liegen oder auch in den Luftströmen schweben; und andere ihnen mitgetheilte Bewegungen ändern diese eben so wenig, als sie z. B. die ursprüngliche bei einem Körper ändern, den man von der Mastspitze eines segelnden Schiffes herabfallen läßt, und der weder ins Wasser noch auf einem entfernten Punkte des Verdecks, sondern am Mast niederfällt, weil die Bewegung des Schiffes, die ihn bereits mitgetheilt war, während des Falles dieselbe bleibt (Man kann auf jedem fahrenden Wagen den Versuch machen). Nun aber hat Wenzenberg directe Versuche im Michaelisthurm zu Hamburg und in den Kohlenbergwerken von Schlebusch angestellt, und diese haben das Resultat ergeben, daß ein fallender Körper nicht westlich (wie Ptolemäus, Tycho und Riccioli meinten), sondern umgekehrt um eine Kleinigkeit östlich von der senkrechten Linie niederfalle. Die Sache ist folgende:

Die Spitze des Thurms (um bei ersterem Beispiel zu bleiben) ist weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt, als sein Fuß, beschreibt folglich bei der Rotation einen größeren Kreis in 24 Stunden und bewegt sich also rascher. Diese raschere Bewegung theilt natürlich der auf der Spitze Stehende, so wie der Stein, den er hält, und dieser Ueberschuß bleibt auch während des Fallens. Der Fuß des Thurmes also bewegte sich für ihn nicht schnell genug, der Stein ist ihm östlich vorausgeeil, *) und es muß erfolgen, was die

*) Allerdings nur um einige Linien, die sich nur bei häufiger

Benzenbergischen Beobachtungen ergaben und was man nicht würde erklären können, wenn keine Rotation wäre.

Der zweite, der auch dem Kopernikus selbst als der wichtigste erschien, betrifft die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Erinnern wir uns, daß schon Aristarch die Bahn der Erde einen Punkt im Vergleich zum Abstände der Fixsterne genannt hatte, um auszudrücken, daß diese Bewegung keine merkliche Ortsveränderung der Sterne nach sich ziehe. Nun läßt sich aber theoretisch zeigen, daß die Erde sich nicht wirklich bewegen könne, ohne daß die Fixsterne (und alle Himmelskörper) dadurch eine scheinbare Bewegung in entgegengesetzter Richtung erhielten. Diese scheinbare Ortsveränderung (jährliche Parallaxe) wird um desto kleiner sein, je weiter der betreffende Körper von uns entfernt ist, und es kann Entfernungen geben, die so groß sind, daß wir sie gar nicht mehr wahrnehmen können, ähnlich wie es an einem entfernten Thurm oder Berge nicht mehr wahrgenommen werden kann, wenn man sich wenige Schritte bewegt hat, sondern nur an den näher stehenden Bäumen oder andern Gegenständen. Kopernikus mußte also annehmen, daß selbst die nächsten Fixsterne doch noch über tausendmal weiter entfernt sein müßten, als die Sonne.

Alein die Instrumente und Beobachtungsmethoden wurden verfeinert, das Fernrohr erfunden, alle Kunstgriffe der Berechnung in Anwendung gebracht und noch immer wollte sich keine Fixsternparallaxe zeigen, so daß man die Sterne nun um schon mehr als hunderttausendmal entfernter als die Sonne annehmen mußte, und zwar, wie nicht geleugnet

Wiederholung und sorgfältig angestellten Versuchen mit Stöcherheit erkennen lassen, da die Höhen, von der wir Körper senkrecht herabfallen lassen können, gegen den Erdbahnmesser ein sehr geringes Verhältniß haben.

werden konnte, einzig dem Kopernikanischen Systeme zu Liebe, während doch der Wunsch nahe lag, entweder diese Parallaxen wirklich zu finden oder auf andrem Wege einen entschiedenen Beweis für diese ungeheuren Distanzen zu erhalten. Einer der aufmerksamsten und genauesten Beobachter war Bradley. Die Parallaxe zu finden, gelang zwar auch ihm nicht, wohl aber fand er eine andere, allen Sternen gemeinsame, jährliche Ortsveränderung, welche er aus der zusammengesetzten Bewegung der Erde und des Lichts erklärte. Man denke sich eine Kanonenkugel, welche durch beide Seiten eines Schiffes durchgeschossen wird, so wird die Linie, welche beide Löcher verbindet, die Richtung des Schusses genau angeben, wenn das Schiff inzwischen still stand. War dies aber nicht der Fall, so wird jene Linie sich zusammensetzen aus den beiden Bewegungen des Schiffes und der Kugel, und folglich die letztere allein nicht mehr mit Sicherheit daraus gefunden werden können, es sei denn, daß man das Geschwindigkeits-Verhältniß beider Bewegungen kenne und in Rechnung ziehe: oder, wenn man die wahre Richtung bereits kennt, so wird man aus dieser Abweichung jenes Geschwindigkeits-Verhältniß berechnen können.

Man setze nun statt der Kanonenkugel das Licht, und statt der Schiffswände Objectiv und Ocular des Fernrohrs, mit dem der Astronom beobachtet, und welches die jährliche Bewegung der Erde mitmacht, so hat man die von Bradley entdeckte Aberration. Sie war gerade so groß, als sie sein mußte, wenn man die — schon anderweitig bekannte — Geschwindigkeit des Lichts mit der, welche nach Kopernikus' System für die Erde folgte, zusammenstellte, und folglich ein directer Beweis für letzteres. Es mag übrigens noch erwähnt werden, daß in den neuesten Zeiten ein Anfang damit gemacht ist, die Fixsternparallaxen wirklich aufzufinden.

Freilich ist sie bis jetzt nur von 4 Sternen gewiß (α der Leher, β des Schwans, Canopus und Polarstern), wäre sie es aber auch nur von einem einzigen, so wäre dies völlig hinreichend für die Frage, die wir hier behandeln.

Wie weit entfernt Kopernikus von jeder Rechthaberei war, welche Hochachtung er für seine Vorgänger hatte, dies bezeugen am besten die Planetentafeln, die unter dem Namen die Prutenischen (Preussischen) bekannt sind. Er findet eine andere (und richtigere) Länge des Jahrs als Ptolemäus und Albategnius, er findet die Schiefe der Ekliptik, den Ort und die Bewegung der Sonnenferne u. s. w. anders als jene; allein er wagt es nicht, seine Bestimmungen als die bessern den alten zu substituiren, sondern er stellt jene neben diese und läßt die Entscheidung, ob nicht etwa die Elemente selbst sich verändert hätten, oder welches im entgegengesetzten Falle die richtigeren seien, späteren Zeiten offen; er hütet sich überhaupt vor allen übereilten und vor-
schnellen Schlüssen und geht nie weiter, als er mit voller Sicherheit gehen kann, zufrieden, den zukünftigen Forschern den rechten Weg gezeigt und einen Grund gelegt zu haben, der fort und fort weiter führen könne.

Wie unendlich erhaben steht der eben so bescheidene als wahrhaft große Mann über jenen raschen Systemschmeiden, die nie die Zeit erwarten können, sondern jede isolirte und halbverstandene Wahrheit, jede unreife Idee sofort zu einer neuen Theorie verarbeiten und die Welt damit erleuchten! — Möchte das Denkmal, wodurch jetzt seine Vaterstadt ihn und sich selbst ehren will, am Beginne des vierten Jahrhunderts nach seinem Tode fest gegründet werden!

Bis hierher haben wir so viel als möglich keinen Astronomen übergangen, der etwas Erhebliches und Dauerndes geleistet hat. Da aber diese Ortschaft sich nicht zu einer vollständigen Geschichte ausdehnen können und sollen, so

werden wir von jetzt ab nur Einzelne herausheben und eben so auch nur die wichtigsten der astronomischen Erfindungen, wodurch die drei letzten Jahrhunderte sich auszeichnen, berühren.

IV.

Von Kopernikus bis auf die neueste Zeit.

Die Kalenderverbesserung, diese schon so lange gewünschte und vorgeschlagene Veränderung des Sostgenischen Cyklus, ward endlich unter Gregor XIII. ausgeführt. Der wahre Urheber des sinnreichen Systems ist Moys Lullius, ein Arzt aus Verona, wiewohl er vor der wirklichen Ausführung starb. Sein Bruder Clavius Ignatius Dan-tes und andere Gelehrte machten das vom Papste berufene Collegium aus. Um den Fehler der Epoche zu verbessern und die Frühlingsnachtgleiche wieder auf den Punkt zu bringen, auf welchen das nicäische Concil sie fixirt hatte, mußten 10 Tage aus dem Kalender fortbleiben^{*)}. Um aber die allmähliche Wiederverzeugung des Fehlers zu verhindern,

^{*)} Nach einem Beschlusse dieses Concils waren nemlich 3 Tage (der Fehler seit Julius Cäsar) bereits weggelassen worden, so daß man jetzt nur die Correction für die seitdem verfloffenen 12 Jahrhunderte nachzuholen hatte. In den protestantischen Ländern, wo die Einführung nach 1700 erfolgte, mußten aus gleichem Grunde 11 Tage weggelassen, und wenn es im 19. Jahrhundert, wie man hoffen darf, in Rußland dazu kommt, werden zwölf Tage weggelassen müssen.

mußte die Ordnung der Schaltjahre verändert werden. Es ward festgesetzt, daß zwar jedes 4. Jahr der christlichen Zeitrechnung ein Schaltjahr bliebe, jedes hundertste Jahr aber, wenn nicht die Zahl der vollen Hunderte gleichfalls durch 4 theilbar sei, für ein Gemeinjahr zählen solle. Hiernach war 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800, 1900 sind Gemeinjahre, 2000 ist ein Schaltjahr u. s. w. Diese Veränderung war leicht und einfach; schwieriger aber war es, den Mondcyklus in diese Ordnung mit aufzunehmen, und doch war dies der Festrechnung wegen nothwendig, da das nicäische Concil verordnet hatte, Ostern stets an demjenigen Sonntage zu feiern, der auf den ersten Vollmond des Frühjahrs folgt. Die dafür getroffene Einrichtung ist eine sehr glücklich gewählte; sie schließt sich dem wirklichen Laufe des Mondes so genau an, daß die Abweichung nur selten einen Tag übersteigt und (was die Hauptsache ist) die Fehler sich nie hoch ansammeln können. Unter Zustimmung aller katholischen Fürsten führte Gregor diesen Kalender durch ein Breve ein, und es wurden nach dem 4. October 1582 zehn Tage aus dem Kalender weggelassen, so daß auf den 4. der 15. folgte. Die protestantischen Staaten nahmen ihn anfangs gar nicht, späterhin nach und nach mit einigen Modificationen an; die deutschen Fürsten im J. 1701 mit der Clausel, daß der Ostervollmond nicht cyklich, sondern jedesmal streng astronomisch berechnet werden sollte; England und Schweden 1752 u. s. w. Rußland und Griechenland haben ihn noch gar nicht (doch haben Polen und Finnland den Gregorianischen Kalender) oder doch nur neben dem Julianischen angenommen, so daß z. B. in allen wissenschaftlichen Beziehungen der Gregorianische, im gewöhnlichen Verkehre der Julianische gilt, und in ausländischen Correspondenzen und dergl. gewöhnlich beide Daten — die jetzt 12 Tage auseinander liegen — eines unter das andre gesetzt werden. Der Unterschied ist schon jetzt nicht unbedeutend in Bezug

auf die Jahreszeiten; Weihnachten, das im Gregorianischen Kalender da liegt, wo etwa der Anfang der strengen Kälte sich zeigt, fällt im Julianischen ziemlich in die Mitte derselben; und die Beibehaltung des letztern vorausgesetzt, wird dies Fest nach einigen Jahrtausenden in den Frühling rücken, und nach etwa 11,000 Jahren mit dem längsten Tage zusammenfallen.

Auch der neue Kalender ist nicht völlig fehlerfrei (eine Weglassung des Schaltjahrs nach je 128 Jahren würde so genau als möglich zutreffen), indeß wird der Fehler erst in 3300 Jahren einen Tag betragen.

Tycho Brahe, dieser Julianus Apostata des wahren Sonnensystems, geb. 1546 zu Knudstorp, ist als derjenige Astronom zu bezeichnen, der der Beobachtungskunst eine neue Gestalt und den astronomischen Wahrnehmungen einen Grad von Genauigkeit gab, wie man ihn nie gekannt hatte. Eine 1560 der Vorausberechnung gemäß eingetretene große Sonnenfinsterniß erregte in ihm das Verlangen, dieselige Wissenschaft kennen zu lernen, welche so Außerordentliches leistete. Aus der Jugendgeschichte mehrerer namhaften Astronomen — wir nennen hier nur Tobias Mayer und Bode — ist uns Aehnliches bekannt. Aber es sollte dem hochstrebenden Knaben nicht leicht werden, an sein Ziel zu gelangen. Seine Verwandten hatten ihn für Jurisprudenz bestimmt; heimlich und in beständiger Furcht, von seinem Hofmeister entdeckt zu werden, studirte er die Sternbilder mit Hülfe eines nur handgroßen schlechten Globus, verglich den Lauf der Planeten mit den Alphonsinischen und Kopernikanischen Tafeln und dachte auf Mittel, ihre Fehler zu verbessern. Er war endlich dahin gelangt, statt des Birkels, dessen Scheitelpunkt er auf's Auge legte und die Spizen auf die Sterne richtete, sich einen sogenannten Radius astronomicus anzuschaffen; die Theilung war fehlerhaft, allein ohne Mittel, zu einem besseren zu ge-

langen, untersuchte er die Theilungsfehler einzeln und brachte sie in Rechnung. In sein Vaterland zurückgekehrt (Schonen gehörte damals zu Dänemark) sah er sich von seinen Verwandten verlacht und verachtet, nur ein Oheim, Sten Wille, erkannte sein Talent, und da er selbst die Wissenschaften, insbesondere die Chemie, liebte, so ward er Tycho's Beschützer und Beförderer und gab ihm auf seinem Gute einen ruhigen Zufluchtsort. —

Am 11. Nov. 1572 bemerkte er plötzlich, nach seiner Sternwarte gehend, einen überaus glänzenden, neuen Stern im Bilde der Cassiopeja. Wiewohl Erscheinungen der Art zu den seltensten gehören, so hat es doch auch in den früheren Zeiten nicht ganz an ihnen gefehlt; wohl aber fehlte ein Tycho, der sie beobachtete und ihren Ort bestimmte. So wissen wir nicht, ob die neuen Sterne von 945 und 1264 (nach Beovittius) mit diesem identisch waren, wohl aber wird man künftige Erscheinungen der Art mit der von 1572 sicher vergleichen können. Er veränderte seinen Ort gar nicht, obgleich er $1\frac{1}{2}$ Jahr im vollen, selbst die Venus überstrahlenden Glanze und hernach noch mehrere Monate, wiewohl in abnehmendem Lichte, sichtbar war; auch konnte Tycho keine Parallaxe entdecken. Die Fluth von Schriften die über ihn erschienen, und alle nur irgend denkbare Meinungen von ihm darlegten, sind vergessen; Tycho's Beobachtungen wird die Nachwelt benutzen. Um ruhiger beobachten zu können, wollte er sich nach seines Oheims Tode in Basel niederlassen. Der König von Dänemark, Friedrich II., aber erbot sich, ihm auf der Insel Hveen eine Sternwarte und alles Nöthige einzurichten. Keine Kosten wurden gespart, um die trefflichsten, — meist von Tycho selbst erfundenen, oder nach seiner Angabe verbesserten — Instrumente anzuschaffen; das palastähnliche Gebäude erhielt den Namen Uranienburg. Er erhielt Mitarbeiter zum Beobachten und Rechnen. Er be-

diente sich der Uhren und fand auf Mittel, sie zu verbessern; gebrauchte sie aber nur für Zwischenzeiten und nahm seine wahre Zeit vom Himmel. Die Strahlenbrechungen konnten bei seinen genaueren Beobachtungen nicht vernachlässigt werden; er berechnet sie gleichfalls. Zur Verichtigung seiner Instrumente beobachtete er die Circumpolarsterne. Er ist der Erste seit Hipparch, der eine Verichtigung sämmtlicher Elemente unternahm und durchführte; er hat 777 Sterne mit Sorgfalt und einer mindestens sechsmal so großen Genauigkeit als Hipparch beobachtet. Ihm verdanken wir eine vervollkommnete Mondtheorie, die sorgfältige Beobachtung einer großen Zahl von Kometen, die nun nicht mehr bloße Lichterscheinungen waren, da er bewies, daß sie weit jenseit des Mondes liefen.

Tycho war ein durchaus gerader und offener, seinen Werth fühlender, dabei etwas freisüchtiger Mann, zum Hülfling und Schmeichler gänzlich verdoeben. Vom Hofe gehaßt, vom Könige allein geehrt und beschützt, sah er sich bald nach dessen Tode nicht nur aller Unterstützung beraubt, sondern der Minister Walsendorp untersagte ihm sogar die Beobachtungen und chemischen Arbeiten: Uranienburg könne der großen Kosten wegen nicht ferner erhalten werden. Nachdem die Regierung so ungewissenheit erklärt hatte, sie sei eines solchen Mannes länger nicht würdig, blieb ihm nur übrig zu fliehen. Rudolf II. nahm ihn in Prag mit offenen Armen auf und gründete ihm auf dem Grabschein eine neue Warte, wo er mit Longomontan und Kepler zusammen arbeitete. Doch nur kurze Zeit, denn schon 2 Jahre nachher starb er am 24. Oct. 1601 mit dem Ausruf: „Ich habe nicht umsonst gelebt!“

Wir hätten nun noch über das Tychonische Weltsystem zu sprechen, denn bekanntlich hat er ein solches aufgestellt und ist mit dem Kopernikanischen nicht zufrieden. Zwar

läßt er die Planeten, mit Ausnahme der Erde, um die Sonne in excentrischen Kreisen laufen, aber diese, begleitet von sämtlichen Planeten, um die Erde, und zwar in Schraubengängen, um ihre verschiedene Höhe im Sommer und Winter zu erklären. Es ist schwer zu entscheiden, ob es ihm damit Ernst war. Wenigstens kommt er später nicht wieder darauf zurück und zeigt auch nicht, wie es mit dem Himmel übereinstimme, und wie man hiernach die Berechnungen anzulegen habe. Auch macht er weniger astronomische als physische Gründe gegen Kopernikus geltend. Des vom Falle der Kepler hergenommenen ist schon im Vorigen gedacht worden. Ferner meint er, die Erde sei eine zu grobe und schwere Masse, um wie ein Stern in den Lüften (!) herumgeführt werden zu können; man sehe nicht ein, wozu die ungeheuern leeren Räume dienten, die zwischen Saturn und den Fixsternen sein müßten. Er begriff ferner nicht, wie man die Fixsterne in so gewaltiger Ferne doch noch sehen könne und endlich mache ihn die Kometen, deren Bewegung mit dem Kopernikanischen System nicht zu stimmen schien, daran irre. —

Tycho war auch ein berühmter Arzt, und zwar, wie Olbers gezeigt hat, Homöopath, wenigstens in so fern, als er dem Grundsatz *Similia similibus* seine Berechtigung zugesand. Mit decillionfachen Verdünnungen und ähnlichen Dingen aber hatte sein heller Geist nichts zu schaffen. —

Johannes Kepler, geboren am 27. Dec. 1571 zu Magstadt in Württemberg. Mästlin war sein Lehrer in Mathematik und Astronomie, wiewohl er sich anfangs der (lutherischen) Theologie gewidmet hatte. Aber seine milderen und toleranten Gesinnungen paßten schlecht zu dem zelotischen Eifer, den die damaligen Chorführer nicht nur selbst zur Schau trugen, sondern auch von jedem Andern verlangten; und so ergab er sich der Astronomie erst dann völlig, nachdem er sich seine theologische Carriere verdorben hatte. Doch sollte auch

die Himmelsforschung ihm auf keinen grünen Zweig verhelfen.

„So hoch ist noch kein Sterblicher geflogen,

Als Kepler flog — und starb in Hungersnoth.

Er wußte nur die Geister zu vergnügen,

Drum ließen ihn die Körper ohne Brod.

(Kästner.)

Zeigt nun gleich das Verzeichniß der nach seinem Absterben aufgenommenen Effecten und Vaarschaften (Breitshwerts Leben Keplers S. 225), daß es mit dem Hungertode nicht ganz buchstäblich zu nehmen sei, so ist doch gewiß, daß ihm die Welt mit schwerem Undank gelohnt, und er nicht nur mit Geldverlegenheit, sondern auch mit Widerwärtigkeiten aller Art sein ganzes Leben kämpfen mußte. Konnte er doch seine unglückliche, der Hexerei angeklagte alte Mutter nur mit äußerster Mühe von der Folter retten!

Seine drei Geseze sind identisch mit dem Geseze der Schwere, und Newton (der übrigens bereitwillig Kepler seinen Lehrer genannt hat) faßte sie nur unter ein höheres Gesez zusammen und zeigte seine Allgemeinheit; denn Kepler hatte die seinigen nur auf das Planetensystem bezogen. Aus Tycho's und seinen eignen Beobachtungen des Planeten Mars leitete er das erste, die elliptische Form der Bahnen, ab. Unzählige Versuche mit andern künstlichen Curven waren dem glücklichen Funde vorhergegangen. Nicht anders war es mit dem zweiten Geseze, dem constanten Verhältnisse zwischen dem Quadrate der Umlaufzeiten und dem Cubus der Entfernungen. Erst nachdem er lange Jahre hindurch die verwickeltsten Combinationen versucht hatte, kam er auf diese so einfache. Das dritte, die gleichen Flächenräume, die der veränderliche Halbmesser (Radius Vector) der Planetenbahnen in gleichen Zeiten zurücklegt, hat Veranlassung zu dem berühmten Keplerschen Probleme (Aufsindung des wah-

ren Orts aus der gegebenen Zeit) gegeben, das er selbst für unlöslich hielt und das auch in der That noch keine eigentlich directe Lösung gefunden hat. Während er — unter Stürmen und Entbehrungen jeglicher Art — beschäftigt war, diese drei ewigen Grundpfeiler der Astronomie zu erreichen, mußte er erleben, daß sein eigener College (der Astronom Longomontan) die Anklage gegen ihn richtete, er verschwende die Zeit, die er auf Verbesserung der Planetentafeln wenden solle, mit unnützen Speculationen, und Tycho's Erben verweigerten unter ähnlichen Vorwänden ihm die Beobachtungen ihres Vaters mitzutheilen. Ein Astronom also verlangt von ihm, er solle die Pferde hinter den Wagen spannen und Tafeln ausarbeiten, bevor ihre Grundlage festgestellt ist! Die erwähnten (Rudolphi'schen) Tafeln erklärt Laplace für ein bleibendes Denkmal deutschen Fleißes und Scharffsinnes und als die ersten auf eine richtige Theorie basirten. Sie haben, auch nachdem die Beobachtungskunst weit größere Fortschritte gemacht hatte, noch immer zur Vergleichung gedient.

Kepler starb 1630 zu Regensburg, wohin er gereist war, um endlich die Auszahlung seines schon seit längeren Jahren rückständigen Gehaltes zu erlangen, und sein schmuckloses Grab, mit der von ihm selbst verfaßten Inschrift:

„Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras,

Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.“

verfiel schon zwei Jahre darauf bei der Erstürmung Regensburgs gänzlich. Nur mit größter Mühe ward die Stelle wiedergefunden, als Carl v. Dalberg ihm 1808 ein schönes Monument errichtete. Sein Brustbild steht auf einem Altare eines 30 Fuß hohen dorischen Tempels, auf dessen Kuppel der Zodiacus prangt. Ein Vasrelief zeigt Keplers Genius, wie er den Schleier vom Haupte der Urania hinwegzieht. —

Kepler erlebte noch die Anwendung des neu erfundenen Fernglases, konnte jedoch für seine hauptsächlichsten Arbeiten davon wenig Gebrauch machen, da erst Hooke es an die Quadranten und andern Meßwerkzeuge anbrachte. Wie sehr ihn indeß die Erfindung beschäftigte, zeigen seine zahlreichen Arbeiten über Optik, die zu den wichtigsten jener Zeit gehören. Die 1609 in Holland gemachte Erfindung verbreitete sich rasch im ganzen gebildeten Europa, und die wichtigsten Entdeckungen am Himmel folgten nun natürlich rasch aufeinander. Kein Jahrzehend verfloß und man konnte die 4 Jupiterstrabanten, die runde Gestalt der Planeten, die Flecken der Sonne, die Ringgebirge des Mondes, die Sichelgestalt des Mercur und der Venus, die teleskopischen Sterne der Plejaden u. s. w. deutlich erblicken: lauter Dinge, von denen in keinem alten Schriftsteller die geringste Andeutung vorkommt, wogegen man Alles, was ein scharfes, unbewaffnetes Auge am Himmel wahrnehmen kann, sorgfältig beachtet hatte. Einen Beweis liefern die fünf nebligten Sterne des Hipparchischen Verzeichnisses, deren einige wohl die äußerste Grenze der noch ohne Fernrohr zu entdeckenden Gegenstände bezeichnen; wogegen z. B. die Jupiterstrabanten nicht allein im allerschwächsten Fernrohre sichtbar sind, sondern von einigen, besonders scharfsichtigen Personen, die freilich um ihre Existenz schon im Allgemeinen wußten, ohne Fernrohr an ihrem richtigen Orte erkannt wurden. Die Erfindung des Zacharias Jansen (oder Joh. Sappere?) zu Middelburg ist also eine im vollsten Sinne des Wortes neue und zum ersten Male auf dieser Erde gemachte.

Einer der Ersten, die das Fernrohr vervollkommneten, war Galiläi (geb. 1564 zu Pisa), der größte Naturforscher seiner Zeit. Seine erste große (freilich erst später für die Astronomie wichtig gewordene) Entdeckung war das Gesetz der Pendelschwingungen und des freien Falles der

Körper. Die Schwingungsdauer verhält sich direct wie die Quadratwurzel aus der Länge des Pendels, und die halbe Länge eines Secundenpendels verhält sich zur Länge des Raumes, durch den ein Körper in der ersten Secunde fällt, wie das Quadrat des Durchmessers zum Quadrat der Peripherie. Er zeigte ferner, daß die Schwere der Körper keinen Einfluß auf die Gesetze des Falles, sondern nur auf den Widerstand der Luft habe. Schon dies regte Neid und Verfolgung gegen ihn auf. Als er nun aber gar 1611 in seinem Werke über die Sonnenflecken sich für das Kopernikanische System erklärte, brach der Sturm los.

Mönche predigten auf öffentlicher Kanzel gegen den Kezer, und einer derselben glaubte wahrscheinlich recht wichtig zu sein, indem er die Stelle: *Viri Galilaei, quid statis adspicientes in coelum* (Act. Apost. I, 11.) zum Text seiner Diatribe nahm. Zwar bewirkte die Gunst des Großherzogs Cosmus II. und die persönliche Freundschaft des Papstes, daß man gegen das Versprechen, das Kopernikanische System weder mündlich noch schriftlich wieder zu behaupten, für diesmal die Anklage fallen ließ. Wirklich schwieg er darüber bis 1630, wo er einen *Dialog* verfaßte, in welchem er drei Personen einführt, eine für das Ptolemäische, die andre für das Kopernikanische System sprechend, und die dritte beider Gründe abwägend, doch so, daß keine Art von Entscheidung herauskommt. Man muß die Vorsicht bewundern, mit der er verfährt, und wirklich erlangt er, in Rom und Florenz sich persönlich darum bewerbend, an beiden Orten das Imperium. Nachdem er sich ganz gesichert glaubte, ließ er es 1632 erscheinen. Er hatte sich getrrt: die Jesuiten ließen nicht ab, bis sie einen Verhaftsbefehl „wegen Ungehorsams gegen die päpstlichen Befehle“ (der Ungehorsam eines Petrus und Johannes, Apostelg. 4, 19.) erwirkt und ihn in den Inquisitionskerker geworfen hatten. Halb erblindet

und unheilbar erkrankt, ging der siebzigjährige Greis daraus hervor, mußte seine Irrthümer, vor Allem das gottverfluchte kezerische Kopernikanische System, kntend abschwören, während (wie Lichtenberg jagt) die Erde mit ihm und seinen Richtern in ihrer Bahn dahin rollte, und ward endlich mit Verbannung nach Arcetri „begnadigt“.

Galilaei war unermüdlicher Beobachter, und viele seiner Entdeckungen sind nur in vertrauten Briefen an Freunde erhalten worden, worüber man sich nach dem so eben Angeführten nicht zu wundern hat. Er schlug zuerst die Trabanten Jupiters zu Längenbestimmungen vor. Er hat drei Kometen beobachtet und über sie geschrieben; er hat noch 1637 mit dem letzten Reste seines Augenlichtes entdeckt, daß der Mond uns nicht ganz genau stets dieselbe Seite zuwendet (die Libration des Mondes) und die Gesetze dieser Schwankung untersucht. Schon völlig blind, ruhte sein rastloser Geist nicht; er untersuchte bald diesen bald jenen Gegenstand und konnte vor seinen Problemen nicht schlafen. Er starb 1642, 99 Jahre nach Kopernikus.

Wie Merckler in seinem oben angeführten Werke nach solchen Vorgängen behaupten konnte, das Kopernikanische System habe ohne Kampf gesiegt, ist schwer zu begreifen. Aber es thut allerdings wohl, von jener Zeit an die immer zunehmende Ohnmacht der Feinde des Lichtes wahrzunehmen, und so möge denn dies das letzte Wort sein, was hier über sie gesagt wird. — Fortan fließt das Leben der Naturforscher allgemach ruhiger und gleichmäßiger dahin; es glebt kein wissenschaftliches Märtyrertum mehr zu erwerben, und selbst die französische Revolution macht nur scheinbar eine Ausnahme; denn nicht der Chemiker Lavoisier, sondern der Finanzpächter Lavoisier ward zur Guillotine verurtheilt; das Unglück wollte nur, daß Beiden zusammen derselbe Kopf gehörte. Die Lebensgeschichte der Astronomen

bletet keine dramatisch ergreifenden Scenen mehr dar: sie besteht wesentlich aus ihren Arbeiten und Entdeckungen; und ihre Kämpfe, wenn sich deren ereignen, führen sie unter sich selbst und auf wissenschaftlichem Gebiete durch.

Die ersten Versuche, die Mondsoberfläche darzustellen, fallen schon in das Zeitalter Galiläi's; er selbst, Scheiner, Rheita, Hirschgarter, Langrenus versuchten sich darin ohne rechten Erfolg. Hevel in Danzig ist der Erste, der 1643 ein Mondbild zu Stande brachte und ein weilkäufiges Werk darüber schrieb. Riccioli, der Verfasser eines neuen Almagest, gab wenige Jahre später eine von Orinaldi gezeichnete Mondkarte heraus, die aber der Hevel'schen nachstand. Beide forschten auch über die Abrotation, doch ohne das Gesetz derselben zu entdecken.

In die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts fällt die Entdeckung der Geschwindigkeit des Lichts (durch die Verfinsternung der Jupiterstrabanten, die sich desto mehr verzögerte, je weiter Jupiter von der Erde stand) von Claus Römer, die Wahrnehmung und Erklärung des Unterschiedes der Pendellängen (durch Richer, der dieselbe Pendeluhr in Paris und Cayenne beobachtete, an welchem letzteren Orte sie täglich $2\frac{1}{8}$ Minuten zu langsam ging); die wichtigen Arbeiten des ältern Cassini (Hof-astronom Ludwig XIV.), der mit seinen ungeheuer langen Ferngläsern (bis über 200 Fuß) hauptsächlich die Planetenoberflächen untersuchte, ihre Flecke, ihre Rotationszeit, ihre Trabanten, ihre Abplattung u. s. w. bestimmte, auch die genaue Form des Abrotationsgesetzes entdeckte und überhaupt der thätigste Astronom seiner Zeit war. Ferner die Entdeckung der wahren Gestalt des Saturnrings und des ersten (jetzt sechsten.) Saturntrabanten durch Huygens (der noch größere Verdienste um Mechanik, Optik und andere Wissenschaften hat und der wahre Erfinder der Pendeluhr ist); die Er-

forschung der wahren Gestalt der Kometenbahnen (fast gleichzeitig durch Dörfel und den Herzog von Northumberland); endlich die größte aller physischen Entdeckungen, das Newton'sche Gravitationsgesetz. —

Isaak Newton, geboren im Sterbejahre Galiläi's, soll bereits 1666, als er Cambridge der Pest wegen auf einige Zeit verlassen hatte und auf dem Lande lebte, durch einen fallenden Apfel auf die erste Idee seines Gesetzes gekommen sein. Die Legende mag auf sich beruhen; wahrscheinlich ist es, daß die Ideen seiner Landsleute Hooke und Barrow ihn einigermaßen auf die Spur brachten: überdies waren ja Kepler's Gesetze vorhanden, und Newton selbst hat Kepler seinen Lehrer genannt. — Jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität (v) sich verhält direct wie die Masse des anziehenden Körpers (m) und umgekehrt wie das Quadrat seines Abstandes vom angezogenen (d) also $v = \frac{m}{d^2}$.

Die gesammte theoretische Astronomie hat keinen Satz, der nicht in diesen drei Buchstaben enthalten wäre; allein gerade diese beispiellos dastehende Einfachheit und Allgemeinheit stellt die Erfindung so hoch. Newton machte von diesem Gesetze, mit Hülfe der gleichfalls von ihm (und gleichzeitig von Leibniz) erfundenen Differenzialrechnung sofort Anwendung auf die Planeten-, Kometen- und Mondenbahnen, zeigte, daß jeder Weltkörper sich in einem der drei Kegelschnitte: Ellipse, Parabel oder Hyperbel bewegen müsse (der Kreis ist nur ein besonderer Fall der Ellipse), und daß der Hauptkörper stets im Brennpunkte dieses Systems stehe; entwickelte die Störungen, welche die Körper gegenseitig auf einander ausüben und die hieraus folgende Veränderlichkeit der Elemente; bestimmte die Massen der Körper u. s. w., kurz er machte eigentlich alle Entdeckungen

der theoretischen Astronomie auf Einmal, und seinen Nachfolgern blieb nur übrig, das in allen wesentlichen Theilen festgegründete Gebäude im Einzelnen weiter auszuführen. Ein wirklich neues System, welches das Newton'sche beseitigte, kann es nicht geben, und die Astronomie ist, was ihre theoretische Grundlage betrifft, wirklich an's Ziel gelangt. Seine Pendelversuche, seine Theorie des Lichts, seine Verbesserung der Teleskope sind gleichfalls Arbeiten, die von größter Wichtigkeit für die Himmelskunde sind. Er war nicht selbst Beobachter, aber Zeitgenosse des ersten großen britischen Astronomen, Flamsteed. Leider hat die Geschichte eine traurige Entzweiung beider so hoch verdienten Männer zu berichten; die von Letzterem, nach Newtons Meinung, zu lange verzögerte Herausgabe des British Catalogue, eines neuen, auf eigne Beobachtungen gegründeten Sternverzeichnis, gab Anlaß dazu.

Die Observatorien Greenwich und Paris wurden um diese Zeit gegründet, und ihre großartige Ausrüstung und regelmäßige Thätigkeit ließ Alles, was sonst in Europa für praktische Astronomie geschah, weit hinter sich zurück. Erst um die Mitte des 18. Jahrhunderts fing man allmählig auch an andern Orten an, zweckmäßige Sternwarten einzurichten. Dagegen beginnt mit Flamsteed in England und mit den Cassini's in Frankreich eine ununterbrochene Reihe thätiger Astronomen, unter denen mehrere die Beobachtungskunst bedeutend förderten, vor Allen der Brit Bradley, der größte praktische Astronom des 18. Jahrhunderts. Er entdeckte die Nutation, d. h. die von der Anziehung des Monds (und der Sonne) herrührende kleine Schwankung der Erdbare, und die Aberration, deren wir bereits oben gedacht haben: zwei wichtige Entdeckungen, die er eben so sehr der Genauigkeit seiner Beobachtungen als seinem Scharffinne verdankte, welcher ihn die richtige Erklä-

rung der wahrgenommenen Abweichung finden ließ. In Frankreich ist Messier der ausgezeichnetste Astronom dieser Zeit; seiner unermüdeten Thätigkeit und Geschicklichkeit verdanken wir die Auffindung von nicht weniger als 19 Kometen. —

Die Erfindung der achromatischen Ferngläser durch Dollond (der theoretische Erfinder ist Euler) eröffnete eine neue Epoche für beobachtende Astronomie, und die so höchst unbequemen langen Fernröhre konnten nun ganz bei Seite gelegt werden, denn ein Dollond'sches Achromat von 10 Fuß Länge übertraf an optischer Kraft die alten von einigen 100 Fuß Brennweite. Von fast noch größerer Wichtigkeit waren die Vervollkommnungen der Spiegelteleskope durch Herschel. Aber nicht bloß der optische, auch der mechanische Theil der Instrumente ward vervollkommenet und zugleich vereinfacht: man kam zu der Ueberzeugung, daß es nur weniger Arten von Instrumenten bedürfte, und sie nach ihrem Gebrauche und ihrer Einrichtung in zwei Klassen zerfielen: in solche, die nur in einem bestimmten Vertical (wenigstens dem Meridian) beweglich, und solche, die es nach allen Richtungen hin sind. Mit ersteren bearbeitete man die großen Sternverzeichnisse und darauf gegründeten Sternkarten, die nun nicht mehr auf die mit bloßen Augen sichtbaren sich beschränkten, sondern auch viel geringere Größen mitnahmen, so daß jetzt die Zahl der beobachteten und nach gerader Aufsteigung und Abweichung bestimmten Sterne schon auf 150,000 steigt. Am thätigsten in diesem Zweige waren Maskelyne in Greenwich, die beiden La Lande in Paris und Piazzini in Palermo. Die so berühmt gewordenen Arbeiten Herschels gehören nicht in diese Klasse. Seine Teleskope dienten nicht zur Beobachtung des Orts, sondern zur Betrachtung der Himmelskörper selbst. Sie können insofern als eine Fortsetzung der Cassini'schen angesehen werden,

nur mit dem Unterschiede, daß sie unvergleichbar genauer sind, und Vieles betreffen, was Cassini noch nicht ahnte. So entdeckte Herschel zu den 5 Cassinischen Monden Saturns noch zwei, sah die Theilung des Ringes, bestimmte seine und des Planeten Umdrehungszeit, entdeckte den Uranus und mehrere seiner Monde u. s. w. Doch noch wichtiger sind seine den Fixsternhimmel betreffenden Arbeiten. Er fand gegen 700 Doppelsterne, maß sie nach ihrem gegenseitigen Abstands- und Richtungswinkel und bestimmte ihre Farben. Er fand 2500 Nebelflecke (man hatte bis dahin nur etwa 20 gekannt, und diese Zahl war einige Jahre vor Herschel durch Messiers Beobachtungen auf 102 gestiegen), löste die Milchstraße und mehrere Nebelflecke in Sterne auf, untersuchte die Zahl und Vertheilung der sichtbaren Fixsterne — kurz er ist der Erste, der in die bis dahin unerforschten Tiefen des Fixsternhimmels einbrang. Er verfertigte seine Teleskope selbst: das größte war ein 40füßiges Rohr von 60,000 Pfund Schwere und einem Metallspiegel von 3000 Pfund; es blieb 10 Jahre lang brauchbar. — Gegen Ende des Jahrhunderts hatte fast jedes europäische Land schon wohlversiehene Sternwarten, größtentheils von den Regierungen errichtet und unterhalten. Auch außer Europa waren theils temporäre — z. B. die zu der Beobachtung der Venusdurchgänge 1761 und 1769 an möglichst entlegenen Orten der Erde errichteten — theils feste Sternwarten gegründet worden. Doch auch Privatpersonen wetteiferten mit den öffentlichen Instituten, wie der fleißige Mondbeobachter Schröter in Lilienthal und Olbers in Bremen, der in diesem und dem Anfange des folgenden Jahrhunderts die wichtigsten Entdeckungen machte. —

Für theoretische Astronomie waren vorzüglich Franzosen und Deutsche thätig. Clairaut hatte zuerst die ungeheure Arbeit unternommen, die Wiederkehr eines Kometen voraus

zu berechnen, durch Halley's glückliche Conjecturen darauf aufmerksam gemacht. Die früher noch nie gewagte Vorhersagung traf (bis auf einen Monat) glücklich ein. Euler, Lagrange und Laplace verfeinerten die Analysis und machten sie zur Lösung der schwierigsten und verwickeltsten Probleme geschickt.

Die erste Nacht des 19. Jahrhunderts ist durch die Entdeckung eines neuen Planeten bezeichnet: Piazzi in Palermo fand am 1. Jan. 1801 die Ceres, und diesem wichtigen Funde folgten ziemlich rasch drei andere, die Juno von Harding, und die Pallas und Vesta von Olbers entdeckt, die letztere am 29. März 1807. Auch die Wiederfindung der Ceres, die bis dahin nur der erste Entdecker ordentlich beobachtet hatte und die $\frac{3}{4}$ Jahr lang nicht aufzufinden war, verdanken wir Olbers. Aber den größten Aufschwung nahm die Astronomie, wie die Naturwissenschaften überhaupt, seit dem Ende der Napoleonischen Kriege; denn von allen Seiten ward ihr nun Beförderung und Unterstützung. Die Instrumente, ihre Theilung und Aufstellung, erlangten eine nie gekannte, ja früher nicht für möglich gehaltene Genauigkeit; die Beobachtungskunst ward bis in die feinsten Einzelheiten bearbeitet und hat eine hohe Vollendung erreicht. Die optische Kraft der Fernröhre und die Bequemlichkeit und Sicherheit ihres Gebrauchs gewann ungemein durch Fraunhofer's theoretische und praktische Arbeiten, und die Künstler andrer Länder wetteiferten mit ihm nicht ohne Glück. Die Zahl der Sternwarten, mehr noch die Zweckmäßigkeit ihrer Anlage, Einrichtung und Ausrüstung ist bedeutend größer als noch vor einem Menschenalter. Alle gestifteten Staaten haben es sich zur Aufgabe gesetzt, diesen so wichtigen Zweig der Naturforschung durch großartige und reichlich dotirte Institute zu befördern. Welche Früchte sie getragen haben, welche die nächste Zukunft sich von ihnen

versprechen darf — dies eignet sich weniger zu einer fortlaufenden historischen Darstellung. Die nachstehenden Briefe werden daher einen andern Weg der Betrachtung einschlagen.

V.

Die kosmischen Bewegungen im Allgemeinen.

Alles im Universum ist in fortwährender Bewegung, und da auch unser eigener Standpunkt davon keine Ausnahme macht, so vereinigen sich stets in Beziehung auf den letzteren zwei Bewegungen, eine scheinbare (von der Veränderung unsres Standpunktes herrührende) und eine wirkliche oder eigne des beobachteten Körpers. Die früheren Systeme, welche keine Veränderung des Beobachtungsortes annahmen, konnten zu dieser Unterscheidung nicht gelangen und waren eben deshalb unfähig, die wahren Bewegungen gesondert darzustellen. Gegenwärtig ist es eine Hauptaufgabe des Rechners, beide zu trennen und dadurch zur wahren zu gelangen; des Beobachters Geschäft kann dies nicht sein. —

Der beobachtete Ort eines Gegenstandes erhält also nur dadurch Werth, daß die Zeit der Wahrnehmung mit Sicherheit bekannt ist, und zwar müssen wir letztere um so genauer kennen, je rascher für unsern Anblick die Bewegung vor sich geht. Genaue Zeitbestimmung ist demnach das allen übrigen zu Grunde liegende Hauptgeschäft des Beobachters.

Wir messen aber die Zeit selbst durch künstliche oder natürliche Bewegungen, und so genau auch immer die ersteren bei unsern besten Werkzeugen sein mögen, so stehen sie doch an Gleichförmigkeit einer gleichsam absolut genauen natürlichen, der Rotationsbewegung unserer Erde, nach. Wir nehmen diese aber nur an der täglichen scheinbaren Bewegung der Gestirne wahr, und so bietet uns der Himmel selbst die Zeitbestimmung und Zeiteinteilung, die wir für unsere Himmelsbeobachtungen gebrauchen. —

Die Umdrehung der Erde um ihre Ase giebt uns den Tag, der Umlauf um die Sonne das Jahr. Doch ist sowohl der gewöhnliche Tag von einer Mitternacht zur andern, als auch das gewöhnliche Jahr von dem so eben aufgestellten Begriffe etwas verschieden, wie wir weiter unten sehen werden. Von der üblichen Einteilung des Jahres in Monate kann der Astronom nur in so fern Gebrauch machen, als sie ihm zur Bezeichnung des Datums wie im gemeinen Leben dient; zum eigentlichen Zeitmaße sind sie, ihrer unvermeidlichen Ungleichheit wegen, nicht geeignet. Die übliche Einteilung des Tages in 24 Stunden à 60 Min. à 60 Sec. ist auch in der Astronomie gültig; die Secunde theilt man weiter in Decimaltheile. Den Tag fängt der Astronom vom Mittag an, um die Nacht ungetrennt zu benennen, und zählt die Stunden von 0 bis 24 durch. Der 8. Juli um 7 Uhr Morgens würde also astronomisch bezeichnet werden als 7. Juli 19 Uhr.

Indem wir die Zeit durch einfache oder zusammengesetzte, gleichförmige oder ungleichförmige Bewegung messen, werden wir auch verschiedene Maße derselben erhalten. Die Zusammensetzung zweier Bewegungen wird ein Zeitmaß verlängern, wenn beide in gleicher Richtung, und verkürzen, wenn beide in entgegengesetz-

ter Richtung vor sich gehen. Man denke sich zwei Personen hinter einander hergehend oder einander entgegen gehend, und es ist klar, daß ersteres das Zusammenkommen verzögert, letzteres beschleunigt, und gehen beide im Kreise, so werden sie im ersten Falle nach längerer, im zweiten Falle nach kürzerer Zeit wieder zusammen kommen, als wenn einer allein sich bewegte. Hieraus wird das Folgende sich leicht erklären.

Der Sterntag wird durch die einfache Bewegung der Erde um ihre Ase gemessen; alle Sterntage sind einander gleich.

Der Sonnentag entsteht durch Zusammensetzung zweier in gleicher Richtung erfolgenden Bewegungen, der Erde um ihre Ase und der Erde um die Sonne. Er ist also länger als der Sterntag, und zugleich (da die zweite Bewegung ungleichförmig ist und auch nicht ganz in der Richtung der ersten erfolgt) sind nicht alle Sonnentage völlig gleich; doch ist dieser Unterschied sehr gering und geht für einen einzelnen Tag nicht über $\frac{1}{2}$ Minute. Nimmt man die Sonnentage so ungleich, wie sie in der Natur sind, so hat man wahre Sonnenzeit; gleicht man sie nach einem mittleren Durchschnitte untereinander aus, so hat man mittlere Sonnenzeit. Erstere zeigen die Sonnenuhren, letztere die künstlichen Uhren, die für unsere gewöhnlichen Geschäfte eingerichtet sind: nach Sternzeit läßt man nur astronomische Uhren gehen, da sie nur für den Himmelbeobachter von Wichtigkeit ist. —

In ähnlicher Art ist das siderische Jahr die einfache Umlaufzeit der Erde um die Sonne; das tropische Jahr zusammengesetzt aus zweien Bewegungen, dieser Umlaufzeit und der in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Bewegung des Durchschnittspunktes des Aequators auf der Ekliptik. Es ist folglich kürzer, als das siderische, und da nach ihm

die Jahreszeiten sich richten, so ist es das, was wir im bürgerlichen Leben Jahr nennen; das siderische Jahr kommt gleichfalls nur in den Berechnungen des Astronomen vor.

Die einfache Bewegung des Mondes um die Erde (eine ungleiche) giebt in mittlerer Ausgleichung den periodischen Mondmonat, die Zusammensetzung dieser Bewegung mit der im gleichen Sinne erfolgenden der Erde den synodischen, den Monat in seiner ursprünglichen Bedeutung. Mit der (entgegengesetzten) Bewegung der Mondknoten zusammengesetzt wird aus dem einfachen Mondsumlaufe der (kürzere) draconitische, mit der (in gleichem Sinne erfolgenden) Bewegung der Erdferne des Mondes erhält man den anomalistischen.

Auch bei den Umläufen der Planeten findet Ähnliches statt. Ihre wirkliche einfache Bewegung um die Sonne giebt den siderischen Umlauf; die Zusammensetzung ihrer Bewegung mit der der Erde giebt den synodischen Umlauf. Da diese beiden Bewegungen in gleichem Sinne erfolgen, so sind die synodischen Umläufe jedenfalls länger als der kürzere der beiden einfachen, die dabel concurriren; und in zwei Fällen (Venus und Mars) sogar länger als der längere von ihnen *).

*) Man erhält die synodische Umlaufzeit, wenn man die beiden periodischen, welche dabel concurriren, mit einander multiplicirt und das Product durch die Differenz beider dividirt, wobei es sich von selbst versteht, daß die Umlaufzeiten auf die gleiche Zeiteinheit bezogen werden müssen. Oder wenn S, P und p den synodischen und die beiden periodischen Umläufe bezeichnen, so hat man die Proportion — $(P - p) : p = P : S$. — Erfolgen dagegen die beiden periodischen Umläufe in entgegengesetzter Richtung, so wird man die Proportion $(P + p) : p = P : S$ haben, und folglich statt mit der Differenz, mit der Summe der beiden periodischen Umläufe dividiren müsse.

Es ist nun klar, daß die Wiederkehr gewisser Erscheinungen und Zustände für die Erdbewohner sich immer nach den zusammengesetzten Perioden richtet: der Durchgang der Sonne durch den Meridian nach dem wahren Sonnentage; die Phasen des Mondes nach dem synodischen Monat; die Phasen, Oppositionen und Conjunctionen der Planeten nach ihrem synodischen Umlauf. — Wir haben hier nur die hauptsächlichsten und am häufigsten gebrauchten der einfachen und zusammengesetzten Perioden betrachtet; bei den schärferen Berechnungen muß noch manche sonst unmerkliche Bewegung in Betracht gezogen werden. Mit der Kenntniß dieser Perioden, und zwar ausschließlich auf dem Wege der Erfahrung, begann die Himmelsforschung, mit ihrer immer schärferen Bestimmung und Berichtigung wird sie sich stets beschäftigen. Wir kennen keine Bewegung, die wir entschieden als eine nicht periodische bezeichnen könnten, wiewohl einige dieser Perioden so ungeheuer lang sind, daß ihre Dauer entweder nur auf theoretischem Wege oder auch gar nicht bestimmbar ist. Die eignen Bewegungen bei den Fixsternen z. B. beziehen sich gewiß größtentheils auf Perioden von Millionen Jahren, und diesem Umstande ist selbst der Name Fixstern zuzuschreiben, den die heutigen Astronomen zwar beibehalten haben, aber nicht gewählt haben würden, da wir eigentlich feststehende Körper gar nicht kennen.

Wenn nun gleich der Himmel selbst, wie wir gesehen haben, die wahre und eigentliche Uhr des Astronomen ausmacht, so würde doch der gänzliche Mangel künstlicher Uhren seinen Arbeiten ungemein hinderlich sein. Tycho und seine Seligenossen mußten deshalb zu überaus beschwerlichen Methoden ihre Zuflucht nehmen und Arbeiten vom Umfange der heutigen, — ganz abgesehen von ihrer weit größeren Genauigkeit — wären in jener Zeit unmöglich gewesen. Die künstliche Uhr des Astronomen muß einen möglichst gleichförmigen

Gang zeigen, und dieser Gang von Zeit zu Zeit, am besten täglich, soweit die Witterung es zuläßt, durch Himmelsbeobachtungen untersucht werden. Unter dieser Voraussetzung hat man bei allen übrigen Beobachtungen nur nöthig, den Stand der Uhr zu notiren. Ein zweites Erforderniß ist die genaue Theilung und richtige Aufstellung der Meßinstrumente; und auch hier ist es wieder hauptsächlich der Himmel selbst, der zu ihrer Prüfung und Berichtigung dient, wiewohl auch andre Mittel ihre Anwendung finden. Wie von dem Gange seiner Uhr, so muß auch von der Stellung seines Instruments und der einzelnen Theile desselben der Astronom sich fortwährend genaue Rechenschaft geben können. Er muß zu diesem Behuf z. B. eine und dieselbe Bestimmung auf mehrfache Weise zu erhalten suchen, insbesondere eine solche Anordnung der Beobachtungen treffen, daß der Fehler des Instruments, wenn ein solcher vorhanden, sich in zwei zusammengehörenden Beobachtungen auf entgegengesetzte Weise äußern und demnach aufheben muß. Namentlich erfordert die genau senkrechte oder wagerechte Stellung gewisser Theile des Instruments eine sorgfältige und fortgesetzte Untersuchung. Früher diente hierzu das an einem Faden aufgehängte Loth; jetzt wendet man meistens die Niveau's an. In einer mit Aether gefüllten Glasröhre befindet sich eine kleine Luftblase, die sich genau über der Mitte stellt, wenn die Röhre wagerecht liegt. Zu ähnlichem Zwecke dient der künstliche Horizont, eine ruhige Fläche von Quecksilber, in welchem sich die Himmelskörper spiegeln, so daß man sowohl diese selbst, als auch ihr Spiegelbild beobachten kann. Endlich müssen diejenigen äußeren Umstände, die weder im Instrument ihren Grund haben, noch sonst in der Gewalt des Beobachters sind, aber auf die Wahrnehmung einen Einfluß ausüben, in Betracht gezogen werden. Der wichtigste ist die Strahlenbrechung, wodurch der Lichtstrahl von seinem

ursprünglichen Wege abgelenkt wird. Um sie unter allen Umständen genau zu kennen, muß der Astronom auch die meteorologischen Instrumente, namentlich Thermometer und Barometer, beobachten; weshalb auf vielen Sternwarten nicht allein diese Instrumente sondern auch die übrigen meteorologischen Phänomene regelmäßig berücksichtigt werden. — Dies mag einigermaßen dazu dienen, sich eine allgemeine Vorstellung über die äußeren Requisits des beobachtenden Astronomen zu bilden; das Nähere darüber wird der folgende Brief enthalten.

VI.

Die Sternwarten und ihre Instrumente.

Wer die Himmelskörper nicht messen und bestimmen, sondern bloß betrachten will, kann dies allerdings, bis zu einem gewissen Punkte wenigstens, auch ohne eigentliche Sternwarte, er bedarf nur eines hinreichend vergrößernden Fernrohrs. Der Hauptzweck fester Sternwarten ist aber ein ganz anderer, und wenn gleich die verschiedenen Meßinstrumente des Astronomen jetzt fast sämmtlich mit Fernröhren verbunden sind, so haben sie gleichwohl noch wesentlichere Theile, die vor Erfindung des Fernglases und auch noch eine geraume Zeit nachher die einzigen waren. Die Armlinien der Alexandriner, die großen Quadranten der Araber, das Triquetrum und der Radius astronomicus waren Werkzeuge, durch welche die Declination der Himmelskörper bestimmt wurden, ohne daß man sich dabei irgend eines Glases bediente. Nur

in so fern die Genauigkeit des Messens von der Schärfe des Sehens mit abhängig ist, kann das Fernrohr dazu beitragen; für sich allein und ohne Meßapparat würde auch das größte zu dem erwähnten Zwecke nichts helfen können. Da Alles, was wir am Himmel bestimmen, Winkelgrößen sind, so wird auch der Winkelmesser dasjenige Werkzeug sein, worauf das Meiste ankommt. Ein in seine Grade, Minuten und so weit dies möglich ist, auch in Secunden getheilter Kreis, in einer unveränderlichen senkrechten Richtung aufgestellt und mit dem Schwertzeuge so verbunden, daß die Richtung des letzteren (also auch des Visionradius) mit Sicherheit durch ihn gemessen werden kann, ist der Typus aller Instrumente, durch welche wir die Kenntniß der Declination, und durch diese und die zugehörigen Zeiten auch die der Bewegungen erlangt haben. Je einfacher diese Verbindung ist, auf desto größere Sicherheit und Unveränderlichkeit wird man rechnen können: deshalb läßt man das Schwertzeug (Fernrohr) nur allein in der Ebene des getheilten Kreises sich bewegen und richtet das Ganze so ein, daß jede andere Bewegung desselben unmöglich wird. Man kann also den Himmelskörper durch ein solches Rohr nur dann beobachten, wenn er sich in dieser Ebene befindet, und die Bestimmung des Moments, wo dies geschieht, ist die eine Hauptaufgabe des Beobachters, womit sich gewöhnlich noch eine zweite verbindet, nemlich den Punkt des Kreises zu bestimmen, welchem die Lage des Gestirns im Augenblicke dieses Durchgangs entspricht. Da zu diesem Zwecke die möglichst genaue Eintheilung des Kreises und richtige unveränderliche Aufstellung des ganzen Apparats wichtiger ist, als die möglichste optische Kraft des Fernrohrs, so ist das letztere nur von mäßiger Dimension, und die angewandten Vergrößerungen übersteigen nicht leicht 200 Mal. Ein Fernrohr von der Dimension der großen Teleskope würde in die hier schädliche

Verbindung nicht so leicht gebracht und in ihr erhalten werden können; und eine weiter gehende Vergrößerung hier nicht allein keine Vortheile gewähren, sondern durch die damit verbundene Abnahme der Schärfe des Bildes der Genauigkeit Eintrag thun. Ein solcher Apparat bedarf nun aber eines möglichst festen Standpunktes und möglichst Schutz gegen alle störenden äußeren Einflüsse, und hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit fester Sternwarten. Gewöhnlich ist die Ebene, in welcher der Kreis aufgestellt wird, die des Meridians, und ein solcher Meridiankreis mit dem angehörigen Fernrohr und dabel befindlicher genauer Uhr ist daher das erste und nothwendigste Requisit eines Observatoriums. In Ermangelung eines solchen muß man auf Grundbestimmung verzichten und kann nur einzelne, durch mancherlei Bedingungen beschränkte Zwecke verfolgen. Mehrere durch ihre Leistungen berühmte Sternwarten besitzen ausschließlich nur solche Werkzeuge. — Sollen sie mit Bequemlichkeit transportabel sein, so können sie nur sehr mäßige Dimensionen haben, und solcher portativen Instrumente bedient man sich auf astronomischen Reisen und kleineren (temporären) Sternwarten. Zu jeder wirklichen Beobachtung erfordern sie indeß stets eine möglichst feste Aufstellung. Da diese nur auf dem festen Lande erreichbar ist, der Seefahrer aber gleichfalls astronomische Ortsbestimmungen machen muß, um zu wissen, wo er sich befinde, so hat dies Veranlassung zu einer eignen Art von Instrumenten gegeben, den reflectirenden, von denen jetzt fast allein der Spiegelsextant in Gebrauch ist. Sie bedürfen einer festen Aufstellung nicht, sondern werden frei in der Hand gehalten (was nur bei einer sehr mäßigen Größe möglich ist) und man erblickt in ihnen jeden Gegenstand doppelt, direct und als Spiegelbild; beide Bilder kann man beliebig von einander entfernen, und diese Entfernung am Instrument

messen; daher auch das direct gesehene Bild eines Gegenstandes mit dem Spiegelbilde eines andern zusammenfallen lassen, also ihre Distanz bestimmen. Es ist klar, daß man in Ermangelung eines andern Instruments diese reflectirenden auch auf dem festen Lande gebrauchen könne. Insbesondere hat der um Astronomie und Geographie hochverdiente Sach dieses Instrument vor allen andern auf seinen zahlreichen Reisen angewandt und die allgemeine Verbreitung desselben befördert. Gegenwärtig, wo man andere Instrumente von nicht größerem Gewicht, die aber aufgestellt werden können, erhalten hat, ist der Gebrauch des Sextanten wieder auf nautische Aufgaben beschränkt.

Will man dagegen einen einzelnen Gegenstand betrachten und seine Beschaffenheit möglichst kennen lernen, so genügt es nicht, ihn nur im Momente seines Durchganges durch eine bestimmte Ebene zu beobachten. Vielmehr muß das dazu dienende Instrument auf alle Punkte des Himmels beliebig gerichtet werden können, sowohl um den Himmelskörper aufzusuchen, als um ihn beliebig lange Zeit hindurch zu verfolgen. Um Beides mit desto größerer Sicherheit und Bequemlichkeit zu erreichen, wird zwar ein solches Fernrohr gleichfalls mit Kreisen verbunden und seine Bewegungen so eingerichtet werden können, daß sie den Ebenen dieser Kreise entsprechen, allein diese letzteren sind hier doch nur Nebensache, und das Meiste kommt vielmehr auf die möglichste optische Kraft des Fernrohrs an. Eine feste Aufstellung ist wenigstens bei den größeren Instrumenten dieser Art gleichfalls erforderlich, und sie können allerdings auch Ortsbestimmungen geben, nur bei Weitem weniger genau, als die Instrumente der ersteren Art, in so fern man absolute Dexter verlangt. Beziehungen eines Ortes auf einen andern (relative Dexter), wenn beide einander nahe liegen, kann man dagegen durch solche Werkzeuge, wenn sie mit einer

sogenannten mikrometrischen Vorrichtung versehen sind, viel genauer erhalten als durch Meridiankreise. Die bequemste Aufstellungsart der Fernröhre, welche zur Beschauung des Himmels in allen Richtungen dienen sollen, ist die sogenannte parallaktische. Um eine feste und der Erdoberfläche parallele Axe ist eine zweite im rechten Winkel beweglich, und um diese letztere in demselben Winkel das Fernrohr. Die Enden beider Axen sind mit eingetheilten Kreisen versehen, um leicht und sicher dem Fernrohre die beabsichtigte Richtung geben zu können, und die Fortbewegung geschieht nach der Wahl des Beobachters entweder aus freier Hand, oder vermittelt Schraubenschlüssel, oder endlich, besonders bei größern Instrumenten, durch ein der Bewegung der Erde um ihre Axe folgendes Uhrwerk.

Diese Vervielfachung der Bewegungen erfordert eine bei Weitem zusammengesetztere Einrichtung, bei welcher die Festigkeit und Unveränderlichkeit der Meridiankreise nicht erreicht werden kann. — Vollständig eingerichtete Sternwarten enthalten beide Arten von Instrumenten und geben zugleich jedem Hauptinstrumente einen besondern Beobachter, der folglich ganz mit ihm vertraut werden kann, so wie ein eigenes Zimmer, in welchem alle Einrichtungen sich darauf beziehen. Um des festen Standes derselben möglichst versichert zu sein, stellt man sie nicht, wie man wohl früher gethan, auf hohe Thürme, sondern vielmehr zu ebener Erde auf besonders gemauerte, mit dem Gebäude in keiner Verbindung stehende Grundlage, oder wenn man aus andern Gründen ein höher liegendes Stockwerk wählen muß, auf gleichfalls isolirte Pfeiler oder feste Gewölbe. Eine mäßig hohe Lage ist allerdings zweckmäßig, ebenso möglichste Entfernung von andern, besonders überragenden Gebäuden; allein ein thurmhoher Aufbau würde die wesentlichsten Nachtheile mit sich führen und ist deshalb bei allen neuern Sternwarten durchaus vermieden worden.

Wiewohl die Zahl der Observatorien in neuester Zeit erheblich zugenommen hat, finden sich dennoch auf der ganzen Erde noch nicht hundert, die den oben aufgestellten Erfordernissen genügen, und unter ihnen hat Deutschland mehr als irgend ein andres Land. Manche Privatsternwarte, deren besonders in Frankreich und England sich finden, so wie manche erst im Bau begriffene oder noch nicht durch ihre Leistungen bekannt gewordene dürfte in nachstehender Uebersicht fehlen. Früher bestehende und jetzt eingegangene oder doch außer Thätigkeit gesetzte sind mit † bezeichnet, so wie die ausgezeichneteren durch *. Bloß temporäre, wie die bei den Venusdurchgängen im vorigen, oder bei den Chronometerexpeditionen im gegenwärtigen Jahrhundert errichteten, sind dagegen übergangen.

Deutschland: Altona *, Berlin *, Bonn, Bremen †, Breslau, Bogenhausen * (bei München), Coburg, Göttingen *, Halle, Hamburg, Jena, Kremsmünster, Mannheim *, Marburg, Rienthal †, Prag (wiederhergestellt), Seeburg * (bei Gotha), Speyer, Wien *. — Hierzu in Preußen noch Danzig und Königsberg *.

Frankreich: Paris *, Marseille, Nismes.

Britische Inseln: Greenwich *, Dublin, Oxford, Cambridge *, Edinburgh, Armagh, Blackheath, Slough †.

Italien: Florenz, Mailand, Modena, Neapel *, Padua, Palermo *, Parma, Rom *, Turin, Venedig.

Schweiz: Genf.

Spanien: San Fernando (bei Cadix).

Niederlande: Leyden.

Belgien: Brüssel.

Dänemark: Copenhagen.

Norwegen: Christiania.

Schweden: Stockholm, Upsala.

Rußland: Abo, Charkow, Dorpat *, Helsingfors, Ka-

san, Kiew, Moskwa, Miltau †, Nicolajew, Petersburg, Pulskowa †, Riga †, Wilna. Polen: Warschau. — Krakau.

Ungarn: Ofen.

Griechenland: Athen (noch im Bau begriffen).

Außerhalb Europa: St. Helena, Paramatta †, Capstadt †, Peking †, Port William (bei Calcutta), Travandrum (in den Staaten des Rajah von Travancore).

In Amerika treffen wir fast nur vorübergehend thätige Sternwarten, deren wir auch noch aus andern Erdgegenden mehrere aufführen könnten; die wichtigsten in den Staaten der nordamerikanischen Union. Im Bau begriffen sind zwei große Sternwarten in Cincinnati und Washington. Man sieht, wie außerordentlich ungleich die Vertheilung der Sternwarten noch immer ist. Fünf Sechstheile aller bestehenden Bünen von einem Kreise umschlossen werden, der nur $\frac{1}{100}$ der Erdoberfläche beträgt.

Zwar liegen die Ursachen dieser Ungleichheit nahe genug und es gilt Aehnliches von allen wissenschaftlichen Instituten; indeß muß der Astronom gleichwohl dringend wünschen, daß dieser scharfe Gegensatz in möglichst naher Zukunft sich vermindere, damit nicht ferner die meisten und darunter wichtigsten Himmelserscheinungen verloren gehen. Jede einzelne Himmelsbegebenheit ist gleichzeitig nur der halben Erdkugel, mit Bequemlichkeit und Genauigkeit aber nur dem dritten Theile derselben sichtbar, und wenn man noch für Tagstunden und trübes Wetter die erforderlichen Abzüge macht, kaum dem zehnten Theile im Durchschnitt. Die Zukunft wird z. B. unsere jetzigen Kometenverzeichnisse ungemein dürftig finden, trotz des Eifers, den einzelne thätige Beobachter an den Tag gelegt haben, der aber nur spärliche Früchte tragen konnte bei dem so eng beschränkten Raume, auf dem sie sich befanden. Hätte man bei den Venusdurchgängen im Jahre 1761 und 1769 an allen geeigneten Punkten der Erdkugel feste

Sternwarten besessen, so würde das so wichtige Element der Sonnenentfernung ohne Zweifel mit einer vielfach größeren Genauigkeit bekannt geworden sein. So aber mußte man mit ungeheuren Kosten Beobachter und Instrumente an diese Orte senden, die sich sodann, so gut es eben ging, einrichteten. Unter solchen Umständen mußte man bei der Berechnung selbst sehr mittelmäßigen Beobachtungen noch ein Stimmrecht einräumen, während man sie gewiß ausgeschlossen haben würde, wären sie durch bessere zu ersetzen gewesen. — Mit vielen der angeführten Sternwarten sind noch andre Einrichtungen verbunden: magnetische und meteorologische Beobachtungsstationen, geodätische Apparate und dergleichen, welches Alles in näherer oder entfernterer Beziehung zu dem Zwecke des Astronomen steht. Namentlich werden die geodätischen Operationen stets von astronomischen Bestimmungen ausgehen müssen und deshalb am zweckmäßigsten sich auf die Sternwarte selbst beziehen, deren Länge und Breite immer am genauesten und unmittelbarsten ermittelt werden kann. — In optischer Beziehung sind die Fernröhre entweder Refractoren oder Reflectoren (Teleskope, bestimmter Spiegelteleskope). In ersteren wird der Lichtstrahl beim Durchgange durch das erste Glas (Objectiv) gebrochen und so das Bild des Gegenstandes in die Nähe des Ocularapparates gebracht, welcher nichts als ein (einfaches oder zusammengesetztes) Mikroskop ist. Die großen Vortheile, welche ein achromatisches (farbenfreies) Objectiv vor den chromatischen voraus hat, sind Veranlassung gewesen, daß man jetzt für astronomische Zwecke die letzteren ganz beseitigt hat. Das achromatische Objectiv besteht aus zwei Linsen, einer von Kronglas und einer von Flintglas, die einander mit ihren gekrümmten Flächen zwar nicht berühren, aber bis auf eine äußerst geringe Distanz (der Dicke eines feinen Staniolblattes) nahe stehen. Eine neuere Einrichtung (das diastische

Fernrohr) setzt die beiden Linsen in beträchtliche Entfernung, so daß die eine etwa in der Mitte der Länge des Rohrs sich befindet. — Spiegelteleskope, welche den Lichtstrahl in einem Hohlspiegel auffangen und zurückwerfen, haben zwar den Vorzug einer großen Lichtstärke und geringerer sphärischer Abweichung, allein ihre Aufstellung und ihr Gebrauch ist mit manchen Schwierigkeiten verknüpft, weshalb sie für Meridianinstrumente gar nicht angewandt werden, und auch für andre Arten von Beobachtungen weniger in Gebrauch sind als die sehr bequemen Achromate. Neuerdings hat Barfuß vorgeschlagen, Teleskope mit Glaspiegeln zu verfertigen (bisher hatte man Metallspiegel angewandt), wodurch er hofft, die Vortheile der Achromate mit denen der Teleskope zu vereinigen. — Um in einem zur Beschauung des Himmels eingerichteten Fernrohre die Gegenstände messen zu können, hatte man verschiedene Mittel angewandt: künstliche Scheibchen, Linien und Kreise auf Glasplatten, Fädenreze und dergleichen. In neuerer Zeit hat man fast ausschließlich das Fadenmikrometer benützt. Zwei Spinneseiden sind parallel zwischen Messingplatten ausgespannt, die sich eine längs der andern verschieben lassen, während eine getheilte Scala und der ebenfalls getheilte Kopf der Schraube, mit welcher die Verschiebung bewirkt wird, den Betrag derselben anzeigen. Zugleich läßt sich die ganze Vorrichtung um ihre Axe drehen und dadurch den Fäden jede beliebige Richtung geben, welche gleichfalls durch einen in Grade u. s. w. getheilten Positionskreis gemessen werden kann. Der größte Theil der feineren Messungen, die wir über Doppelsterne, Planetendurchmesser u. s. w. besitzen, ist auf diese Weise erhalten worden. — Da aber alle diese Vorrichtungen stets voraussetzen, daß man die feinen Fäden, Striche u. s. w. deutlich sehe, so ist für nächtliche Beobachtungen eine künstliche Erleuchtung nothwendig, die außer andern Unbequemlichkeiten

auch besonders die hat, daß das Licht der Sterne dadurch geschwächt wird, und die, welche schon in ganz dunklem Felde sehr schwach erscheinen, gänzlich unsichtbar werden. Diesem Uebelstande zu begegnen hat man ein andres Princip verfolgt, nemlich (wie bei den Spiegelfernrohren) die Distanzen durch Verdoppelung der Bilder zu messen. Man durchschneide nemlich das Objectiv eines Fernrohrs so, daß zwei getrennte Kreishälften entstehen. So lange beide einander mit der ganzen Schnittfläche berühren, wird keine Veränderung erfolgen; entfernt man sie aber um eine gewisse Größe von einander, so wird auch jede Hälfte ein besonderes Bild desselben Gegenstandes erzeugen, und beide Bilder werden um den gleichen Betrag von einander abstehen. Wird nun eine Vorrichtung so angebracht, daß der Beobachter, während er den Himmelskörper im Auge hat, die beiden Objectivhälften beliebig verschieben und gleichzeitig beide um ihre optische Axe drehen kann, so hat er ein Mittel, die Objecte durch sich selbst zu messen, ohne einer Erleuchtung durch künstliche Mittel zu bedürfen. So eingerichtete Ferngläser nennt man (nicht ganz passend) Heliometer, und ein vorzügliches Instrument dieser Art besitzt die Königsberger Sternwarte, wo es durch Bessels Leistungen zu einer hohen Berühmtheit gelangt ist. Bouvard ist der Gründer, allein erst Fraunhofer hat ihm diejenige Vollkommenheit und zweckmäßige Einrichtung gegeben, durch welche es für die feinsten und schwierigsten Messungen geschikt geworden ist.

Wir können uns hier nicht auf eine Beschreibung der mancherlei Hilfsapparate einlassen, die auf einer Sternwarte nöthig sind, noch auch die verschiedenen Einrichtungen der Fernrohre zu speciellen Zwecken aufzählen. Nur das sei hier noch erwähnt, daß die vom Objectiv erzeugten Bilder nothwendig verkehrt (richtiger umgedreht) erscheinen, nemlich das obere unten und das westliche östlich, so daß

aus d nicht wie in einem Spiegel b, sondern p wird. Bei nicht astronomischen Ferngläsern hebt man diese Umkehrung durch eine zweite wieder auf, wozu es aber eines Glases mehr bedarf, und sowohl ein Lichtverlust als eine Verengerung des Gesichtsfeldes erzeugt wird: Nachtheile, die für den Astronomen zu empfindlich sind, als daß er sich nicht lieber die für ihn durchaus nicht störende Umdrehung gefallen lassen sollte. Während also (wenn wir auf der nördlichen Halbkugel das Gesicht nach Süden wenden) im freien Auge im gewöhnlichen (terrestrischen) Fernrohre Norden oben, Süden unten, Osten links und Westen rechts erscheint, wird im astronomischen Fernrohre Norden unten, Süden oben, Osten rechts und Westen links erscheinen, während in einem (senkrecht aufgestellten) Spiegel oben und unten unverändert bleiben und nur rechts und links verwechselt werden.

Die Vergrößerung (die der Astronom stets linear rechnet, so daß z. B. eine hundertmalige der Fläche nach eine zehntausendmalige ist) hängt von dem Verhältniß der Brennweiten des Objectivs und Oculars ab. Aus einer Entfernung betrachtet, welche der Brennweite des Objectivs gleich ist, erscheint nemlich das Bild eines Objects genau unter demselben Gesichtswinkel als das Object selbst; folglich aus einer halb so großen Entfernung in doppelter Größe u. s. w. Hat demnach das Objectiv eine Brennweite von 150 Zoll, das Ocular von 1 Zoll, so ist die Vergrößerung 150mal, während ein Ocular von $\frac{1}{4}$ Zoll Brennweite bei demselben Fernrohre eine 600malige Vergrößerung erzeugt, und das einzöllige Ocular, vor ein Fernrohr von nur 60 Zoll Brennweite geschraubt, auch nur 60mal vergrößert. — Da es nun gar nicht schwierig ist, Oculare (Mikroskope) von einer Brennweite, die nur einen geringen Theil der Pariser Linie beträgt, zu verfertigen, während andrerseits Objectivlinsen von mehreren hundert Fuß

Brennweite existiren, so sieht man, daß wenn man nur möglichst hohe Vergrößerung verlangt, man das Zehn- und selbst Hunderttausendfache erreichen könnte. Aber für den Beobachter hat die stärkere Vergrößerung nur dann einen Werth, wenn er keinen zu starken Lichtverlust dadurch erleidet und vor Allem die Deutlichkeit in gleichem Maße wie die Vergrößerung zunimmt. Ueberdies führt die zunehmende Vergrößerung andre Unbequemlichkeiten mit sich, worunter die größere Anstrengung des Auges und die raschere Bewegung der Objecte, so wie vermehrtes Zittern derselben in Folge der Luftbeschaffenheit, gar sehr zu berücksichtigen sind. Alles dies veranlaßt, daß es bei jedem Fernrohre eine gewisse Grenze der Vergrößerung giebt, über die hinaus man verliert, anstatt zu gewinnen, und die sowohl für verschiedene Objecte, als auch für verschiedene Beschaffenheit der Luft sehr ungleich ist *). — Auch vermindert sich der Durchmesser des Gesichtsfeldes mit zunehmender Vergrößerung der Objecte in fast noch stärkerem Maße. So kann man z. B. bei einer Vergrößerung von 50 grade noch den ganzen Mond übersehen; bei einer 1000maligen wird schon ein einziges der größeren Ringgebirge, wie Theophrastus und Kopernikus, das ganze Gesichtsfeld ausfüllen können, was unter Anderm auch das Auffinden und

*) Beim Dorpater Refractor, dessen Brennweite 14 Fuß beträgt, und für welchen gegen 30 verschiedene Oculare (von 86- bis 1500maliger Vergrößerung vorhanden sind, ist 1000 die nicht wohl zu überschreitende Grenze, die indeß nur bei sehr heiterer und ruhiger Luft für Doppelsterne und in seltenen Fällen für Mondlandschaften, nicht aber für Planeten, namentlich nicht für Venus und Mercur, angewandt werden kann. Kometen bedingen stets eine geringe Vergrößerung, indem sie bei stärkerer mehr und mehr in dem Himmelsraume verschwimmen. Wo es darauf ankommt, möglichst viel gleichzeitig zu übersehen, muß immer die schwächste Vergrößerung gewählt werden.

Festhalten eines Beobachtungsobjectes sehr erschwert. Eine sehr müßige Frage, die gleichwohl der Astronom von Zeiten häufig hören muß, ist die, wie weit man mit diesem oder jenem Fernrohre sehen könne? Noch Niemand hat eines Fernrohres bedurft, um weit zu sehen: das bloße Auge sieht die Milchstraße und die Nebelflecke Orions und Andromeda's, die viele Billionen Meilen von uns abstehen, ohne Schwierigkeit. Nicht um weiter, auch nicht zunächst um größer, sondern vor Allem, um das Entfernte deutlicher zu sehen, bedient sich der Astronom und Nichtastronom des Fernrohres*).

Auf der Erde kann das Fernrohr nicht weiter führen, als die Krümmung der Erdoberfläche es gestattet, und man wird stets mit freiem Auge eben so weit sehen. Daß es uns am Himmel in größere Fernen führe als das bloße Auge, ist zwar aus gewissen Gründen wahrscheinlich, aber keinesweges die Hauptsache, und die Frage, wie viel Mal es weiter führe, wird der Astronom nie beantworten können, ohne daß diese Ungewißheit seine Arbeiten im geringsten benachtheiligen kann. Jedes Fernrohr ist in optischer Beziehung vor Allem auf Deutlichkeit und Lichtstärke zu prüfen; alles Andre ist Nebensache oder gleichgültig. Die Lichtstärke hängt von der Größe des Objectivs (oder Teleskopspiegels) und dem möglichst geringen Verluste bei der Reflexion oder dem Durchgange durch die Gläser ab. Sie verhält sich (abgesehen von diesem Verluste) zur Lichtstärke im freien Auge, wie die Fläche des Objectivs zur Fläche der Pupille des Auges, also wie das Quadrat der beiden Durchmesser. Von zwei Ob-

*) Einen Sinn würde diese Frage nur haben, wenn man fragte, bis zu welcher Entfernung hin eine gewisse bestimmte Wahrnehmung — z. B. das Lesen einer Druckschrift von gegebener Größe, oder die Gesichtszüge einer gewissen Person — noch möglich sei.

jectiven von 6 Zoll und 2 Zoll Durchmesser wird also das erstere $\frac{6 \times 6}{2 \times 2} = 9$ mal mehr Lichtstärke haben als das letztere.

Die Deutlichkeit hängt zwar hauptsächlich von der Genauigkeit ab, mit welcher die Krümmung der Gläser dargestellt ist, so wie von der Gleichförmigkeit der Glasmasse, allein sie findet auch, wie bereits bemerkt, ihre Grenze in der Beschaffenheit unsrer Atmosphäre.

Die Mängel der Deutlichkeit, sowohl der einen als der andern Art, werden stets desto fühlbarer sein, je stärker die angewandte Vergrößerung ist; überschreitet man einen gewissen Punkt, so werden keine scharfen Grenzen der Objecte mehr wahrgenommen, sie verwischen sich mehr und mehr mit dem Himmelsgrunde, und hier ist also die eine Grenze gesetzt.

Mit der zunehmenden Vergrößerung nimmt aber auch die Helligkeit, wenigstens bei den Gegenständen, die einen merklichen Durchmesser zeigen, ab; und so kann ein an sich lichtschwaches Object durch eine zu starke Vergrößerung unsichtbar werden, z. B. ein Komet oder Nebelfleck. Besonders störend sind die Farben, in welche der Lichtstrahl sich bricht, und deren jede einer verschiedenen Brennweite entspricht. Den bei Weitem größten Theil des Nebels hat die schöne Erfindung der achromatischen Fernrohre gehoben: gleichwohl ist hierin noch nicht Alles gethan, und wer es ersände, die Brechung in Farben vollkommen wieder aufzuheben, würde Großes bewirkt haben. Namentlich in diesem Punkte erscheint Fraunhofer's früher Tod als ein so beklagenswerther.

Mit einem hinreichend lichtstarken Fernrohre kann der Astronom auch am Tage die helleren Gestirne beobachten, die hellsten (wie Venus und die Fixsterne erster Größe) so-
Mä dler, Astronomische Briefe. I. 1.

gar besser, nemlich in einem ruhigeren Lichte, als bei Nacht. Je höher die Sonne und je näher sie dem zu beobachtenden Gegenstande steht, desto schwieriger werden Tagbeobachtungen; fast immer gelingen sie Nachmittags besser als in gleicher Sonnenhöhe Vormittags. In den stärksten Fernröhren kann man bei Tage noch Sterne sehen, die das bloße Auge auch in der heitersten Winternacht vergebens aussucht. Die Jupitersmonde z. B. sah ich einst am Tage in einem Fernrohre von nur $4\frac{1}{2}$ Fuß Brennweite. Der Grund liegt einzig in der größeren Lichtstärke und nur zum geringen Theile in der Entfernung der Seitenstrahlen, die wohl nur zur größeren Ruhe des Bildes etwas beiträgt.

Zahllos sind die Objecte, welche der Astronom am Himmel wahrnimmt, und schon diese Menge allein würde ihn zu Classificationen nöthigen, auch wenn sich keine wesentlichen Unterschiede auffinden ließen. Wir finden diese unterscheidenden Merkmale entweder in den Körpern selbst, oder in ihren Bewegungen, oder endlich in Beidem zugleich. Indessen hält es schwer, überall absolute Unterschiede durchzuführen. Alles, was wir in jenen Fernen wahrnehmen sollen, muß mehr oder weniger leuchten, und die erste Frage ist, ob das Licht ein eigenthümliches oder erborgtes und folglich bloß zurückgeworfenes sei. Indes sind gar wohl Uebergänge möglich, Körper welche mit eignem und erborgtem Lichte leuchten und bei denen der Unterschied also nur auf ein Mehr oder Weniger hinausläuft.

Wenn z. B. die selbstleuchtenden Substanzen, welche unserm Erdkörper angehören, weit häufiger angetroffen würden, so könnte die Erde auch selbst leuchten; ohne daß damit die von der Sonne ausgehende und von der Erde reflectirte Erleuchtung aufgehoben wäre *). Die Begleiter heller Fix-

sterne müssen nothwendig von diesen ein beträchtliches Quantum Licht empfangen, gleichwohl würden wir sie gewiß nicht sehen, wenn sie nicht auch mit eignem Lichte leuchteten. Ein andrer Eintheilungsgrund ist von den Bahnen hergenommen. Ein Körper B, der um einen andern eine Bahn beschreibt, steht um eine Ordnung niedriger als dieser, so daß z. B. unser Mond zwei Ordnungen tiefer als die Sonne steht, oder in Bezug auf diese ein tertiärer, so wie in Bezug auf die Erde ein secundärer Körper ist. Allein streng genommen, bewegen sich alle Körper um ideale Schwerpunkte, so daß es absolut primäre gar nicht giebt, indem sich z. B. die Sonne um denselben Schwerpunkt bewegt als die Erde, nur daß er dem Mittelpunkte der Sonne 350,000 mal näher liegt als letzterer. Also auch diese Unterschiede werden bloß relative sein. Die Form der Bahnen giebt gleichfalls einen Eintheilungsgrund ab. Da es aber höchst wahrscheinlich ist, daß alle Bahnen ihrer Grundform nach elliptische sind und daß sie nur eine größere Annäherung entweder zum Kreise oder zur Parabel verrathen, so suchen wir auch hier vergebens nach einem absoluten Eintheilungsprincip. Noch weniger kann das äußere Ansehen als etwas Entscheidendes gelten, da dies von unserm Standpunkte wesentlich mit abhängt und hiernach ein und derselbe Körper je nach seiner verschiedenen Stellung verschiedenen Klassen angehören könnte.

Indes so sehr wir uns auch gedrungen fühlen, überall bestimmte Kategorien aufzustellen, so sind wir doch häufig genug in dem Falle, nicht damit durchzukommen, sondern anerkennen zu müssen, daß die Natur uns höchstens etwas den Kategorien Ähnliches darbiete, und die Erweiterung unserer Kenntnisse, das tiefere Eindringen in die Natur der

erlitten, muß — so weit wir darüber zu urtheilen vermögen, vom Monde aus in der Erdenacht gesehen werden.

*) Ein Brand, wie ihn Moskau 1812 oder Hamburg 1842

Dinge, hat häufiger dahin geführt, vermeintliche Unterschiede aufzuheben, als neue zu setzen, oder bereits recipirten eine größere Bestimmtheit zu verleihen. Die Schöpfung in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit liebt Uebergänge mehr als Sprünge. Wir stellen demnach die folgenden Klassen keineswegs als solche auf, die alle andern ausschließen oder für alle kommenden Zeiten ihre gegenwärtige Bedeutung behaupten müßten. —

Die Planeten, diejenige Klasse, zu welcher unser eigener Wohnort gehört, sind sphärische (jedoch mehr oder weniger abgeplattete) und wenigstens ihrem Hauptbestandtheile nach solide Körper von bestimmter bleibender Form und Größe, welche kein — oder doch nur sehr wenig — eignes Licht haben und von einer Sonne erleuchtet werden, um die sie in elliptischen Bahnen laufen. Dabei drehen sie sich zugleich in einer weit kürzeren Zeit um ihre eigne Ase, wodurch es bewirkt wird, daß sie in schnellerer Abwechslung, als ohnedem geschähe, auf allen Seiten erleuchtet werden. — Die Nebenplaneten oder Monde laufen um ihre Hauptplaneten und mit diesen um die Sonne, werden aber hauptsächlich nur von letzterer erleuchtet. Sie wenden — wenigstens die uns näher bekannten — ihrem Hauptplaneten stets nahe dieselbe Seite zu. Doch haben bei Weitem nicht alle Planeten solche Monde. In ihrer Gestalt und sonstigen allgemeinen Beschaffenheit kommen sie mit den Hauptplaneten überein. —

Die Kometen laufen in sehr länglichten, nahe zu parabolischen Bahnen um die Sonne und sind undicht, nach Gestalt und Größe veränderlich und durchsichtig. — Die Fixsterne, zu welchen auch unsere Sonne gehört, leuchten mit eigenem Lichte und bewegen sich in Bahnen, die wir noch zu wenig kennen. Einige Fixsterne sind jedoch mit andern in eine nähere Verbindung eingegangen, ähnlich der, in welcher die Planeten (rückichtlich ihrer Bahnen) zur Sonne stehen;

man nennt sie (da in den meisten Fällen nur 2 eine solche engere Verbindung bilden) Doppelsterne, neben denen wir übrigens auch drei-, vier- und vielfache Sterne kennen. Die meisten uns sichtbaren Fixsterne sind indeß einfache, wie unsere Sonne. Die Milchstraße und die Nebelflecke bilden wohl nur scheinbar eine eigne Klasse, indem sie wohl sämmtlich aus Fixsternen bestehen. In wiefern die Sternschnuppen ein Anrecht haben, zu den selbstständigen Weltkörpern gerechnet zu werden, mag die Zukunft entscheiden, eine kosmische Bahn kann ihnen, nach den neuesten Forschungen, nicht wohl mehr abgesprochen werden. Fixsterne, Kometen und Planeten unterschieden schon die Alten, nur rechneten sie Mond und Sonne zu letzteren und betrachteten die Erde als nicht zum Himmel gehörig. Das wahre Weltsystem einerseits und die Erweiterung des Universums durch das Fernrohr andererseits hat uns in dieser Beziehung zu einer größeren Bestimmtheit und Vollständigkeit verholfen, wiewohl man die zum Theil unpassend gewordenen alten Namen bestehen ließ. An diesen wird auch wohl die Zukunft nichts ändern, angesehen, daß ihre historische Berechtigung eine so alte ist, und wohl nur da neue einführen, wo sich den tiefer eindringenden Forschungen eine neue Gattung von Weltkörpern darbieten wird, was wir nicht allein als möglich, sondern sogar als sehr wahrscheinlich betrachten müssen in Erwägung des sehr neuen Datums, das so manche höchst wichtige Erweiterung unserer Kenntniß — man denke z. B. an die Doppelsternsysteme — bezeichnet.

VII.

Die Bewegungen im Sonnensystem.

Wenn gleich die Bezeichnung Fixstern jetzt nicht mehr im buchstäblichen Sinne genommen werden kann, indem Theorie und Beobachtung uns mehr und mehr zu der Ueberzeugung führen, daß es nichts Fixes im Universum gebe und die Unveränderlichkeit da, wo sie jetzt noch, den Beobachtungen zufolge, besteht, nur eine scheinbare sei: so können wir doch nur die im System unsrer Sonnen vorkommenden Bewegungen als solche betrachten, von denen wir eine genaue und in's Einzelne gehende Kenntniß besitzen. Der Gang der Wissenschaft ist der vom Besondern zum Allgemeinen, und nur in abgeschlossenen fertigen Systemen mag man die Ordnung umkehren. Wir heben also von allen möglichen und wirklichen, höheren und niederen Systemen das unserer Sonne, mit welchem unsre Kenntniß begann und an welchem sie erstarkte, hervor. Der wahre Mittelpunkt der Bewegungen ist derjenige Schwerpunkt, um welchen herum sämmtliche, das System bildende, Massen, nach ihrer jeweiligen Stellung, im Gleichgewicht sind: ein selbst masseloser und folglich idealer Punkt, wiewohl in unserm Sonnensystem die Vertheilung der Massen eine solche ist, daß jener Punkt mit einiger Ausnahme*) noch in den Körper unsrer Sonne fällt.

*) Diese Ausnahme tritt ein, wenn Jupiter und Saturn, von der Sonne aus gesehen, um weniger als einen Quadranten von einander abstehen.

Die Theorie ist dahin gelangt, diesen Punkt, d. h. die Stellung desselben in Beziehung zum Sonnenmittelpunkt, für jede gegebene Zeit zu finden, und die Bewegungen, sowohl der Planeten und Kometen, als auch der Sonne selbst, um diesen Schwerpunkt darzustellen, und der astronomische Rechner hält überall, wo es nöthig ist, diese Ansicht mit aller Strenge fest. In den meisten Fällen ist es jedoch weit einfacher und für den praktischen Gebrauch bequemer, die Bewegungen eines secundären Körpers so darzustellen, als sei das Centrum der Sonne selbst jener Fixpunkt, wobei sodann die Bewegung der Sonne selbst mit auf Rechnung der Planeten geschoben wird, und eine ähnliche Annahme erlaubt man sich auch in Beziehung auf die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten.

Die Dörter selbst können bei der einen, wie bei der andern Verfahrungsweise streng richtig werden, sobald nur die Grundlagen der Rechnung genau bekannt sind; und auch wir wollen uns bei unsrer Uebersicht mit dieser vorausgeschickten Bemerkung begnügen und die bequemere Darstellungsweise der absolut richtigen, aber verwickelteren, substituiren.

Jede Bewegung, einmal begonnen und ohne Hinderniß wie ohne weiteren Impuls sich selbst überlassen, ist eine gradlinige und gleichförmige, fortlaufend in der ursprünglichen Richtung, wie wir dies an allen Körpern sehen können, die annäherungsweise sich in dieser Lage befinden (z. B. eine Billardkugel.).

Nur ein Widerstand kann sie schwächen, oder aufheben, nur ein neuer Impuls in derselben Richtung sie beschleunigen oder (in einer andern Richtung erfolgend) davon ablenken.

Was den ersten Anstoß zu den im Sonnensystem bestehenden Bewegungen gegeben habe, liegt jenseit unsrer Erfahrung und die Theorie vermag darüber gleichfalls nichts Ge-

wissen auszumachen; hier ist also noch ein weites Feld für Vermuthungen offen, und es ist leicht zu erachten, daß Versuche mancher Art bereits gemacht wurden, es auszubeuten und in Besitz zu nehmen.

Wir bezeichnen jenes seinem Wesen nach unbekannte x mit dem Namen des ursprünglichen Stoßes. Wollten wir es als eine Kraft bezeichnen, so wäre sie als solche nur ein Moment vorhanden gewesen und nur ihre Wirkung dauerte in's Unendliche fort: ein Schöpfungsact, der sich nicht zu wiederholen braucht. Allein eine wirkliche und fortwährend thätige Kraft, die Gravitation, kommt hinzu und lenkt die Körper in jedem Augenblicke von derjenigen Richtung ab, die sie einen Moment vorher befolgten. Wirkt sie stoßweise, etwa in gleichmäßigen Intervallen, so würde eine gebrochene Linie, eine Bahn mit Ecken, entstehen; allein sie besteht und bethätigt sich in jedem Moment auf's Neue, ohne jemals abzubrechen, und so werden die Bahnen der Weltkörper Unendliche d. h. Curven. Wir können sogleich hinzufügen, daß die Curven gegen den Schwerpunkt der Bewegung concav sein müssen, denn sollten sie einen Wendepunkt haben, so müßte die Gravitation in ihr Gegenheil umschlagen d. h. aus der Anziehung eine Abstoßung werden. Ob nun aber diese Curve ein Kreis oder eine andre von verschiedener Krümmung werde, dies hängt von dem Verhältnisse ab, in welchem die Schwerkraft (Gravitation) zur Stärke und Richtung der ursprünglichen Bewegung steht. War diese Richtung ursprünglich eine gegen den Radius vector (die Linie zum Schwerpunkt) rechtwinkliche, und wird durch die Schwerkraft der Körper in jedem Zeittheilchen dem Schwerpunkt eben so weit zugeleitet als er ohne dieselbe durch die gerade fortgehende Bewegung abgelenkt worden wäre, so wird die Bahn ein Kreis. Findet aber diese Bedingung nicht Statt, oder (was dasselbe

ist) war die ursprüngliche Richtung nicht auf den Radius vector rechtwinklich, so kann sich kein Kreis erzeugen, sondern es entsteht (wie Newton bewiesen hat) eine der drei Curven, welche wir Kegelschnitte nennen, nemlich eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel. In der Ellipse (wie im Kreise) kehrt der Körper nach Ablauf einer gewissen Periode (der Umlaufzeit) wieder zum Anfangspunkte der Bahn zurück und beschreibt sie von Neuem; in der Parabel und Hyperbel ist dies nicht der Fall, und ein Körper, der sich in einer dieser letzteren Curven bewegte, könnte nur ein einziges Mal seine kleinste Entfernung vom Schwerpunkt haben und würde sich dann ohne Aufhören immer weiter (in's Unendliche) von ihm entfernen *).

*) Raum giebt es irgend einen Gegenstand in der Physik des Himmels, der größeren Mißverständnissen ausgesetzt gewesen ist, als der hier berührte. Man denke sich einen Körper, der von einem Punkte A aus sich geradlinig fortbewegt, und zwar so, daß diese Bewegung einen rechten Winkel mit der zu einem andern Körper B gezogenen graden Linie macht, so wird dieser Körper in jedem folgenden Punkte weiter von B abstehen, als in A der Fall ist. Er wird sich also von ihm, zwar nicht in directer Richtung, aber doch je länger je mehr entfernen, und Newton bezeichnete dieses aus der geradlinigen Bewegung folgende Wachsen der Entfernung mit dem Namen Centrifugalkraft, die also dem Wortverstande nach als eine der Centripetalkraft (Gravitation) entgegengesetzte erschien. Dies gab Veranlassung zu der grundfalschen Vorstellung von einer abstoßenden Kraft, die mit der anziehenden gleichzeitig und von demselben Punkte aus wirken sollte. Wäre dem wirklich so, so müßte im Falle der quantitativen Gleichheit beider Kräfte das Resultat ein Nichts sein, für den Fall des Uebergewichts der einen oder der andern aber würde nur dieses Uebergewicht real wirksam werden. Im ersten Falle also müßte der Körper A stillstehen, im zweiten auf B stürzen oder von B hinwegfliehen; nimmermehr aber würde eine Umlaufbahn entstehen können. Da man nicht umhin konnte, diese Lücke zu empfinden, so

Ein solcher Körper könnte also nicht dauernd einem geschlossenen System angehören, denn dieses ist dem Raume nach endlich begrenzt. A priori kann nun nicht entschieden werden, ob es solche nicht in sich selbst zurückkehrende Bahnen gebe, und die Möglichkeit derselben kann man also nicht leugnen. Unsere Erfahrungen sind aber noch nicht vollständig genug, um selbst nur in Beziehung auf alle wahrgenommenen Körper zu einer bestimmten Entscheidung zu gelangen. Von den Planeten und ihren Monden ist es gewiß, daß sie sich

kamen Einige auf den Einfall, eine dritte Kraft anzunehmen, welche bald die Differenz der beiden ersten ausgleichen, bald noch andere Functionen übernehmen sollte.

Mit Recht hat man daher in neuerer Zeit den Namen Centrifugalkraft, von dem alle diese Mißverständnisse sich hergeschrieben, befestigt und dafür den Ausdruck Tangentialkraft gesetzt, wofür man auch Schwingkraft wählen könnte. Noch besser aber ist es, die ganze Vorstellung einer Kraft nach Art der Schwerkraft für diese Bewegungsrichtung fahren zu lassen. Denn im Centrifugalkörper selbst hat einzig nur die Schwerkraft eine Realität; sie ist das einzige Ursprüngliche, in sich selbst Bestehende, während das, was man Centrifugalkraft genannt hat, nur das Erzeugniß aus der in der Richtung der Tangente fortstrebenden Bewegung ist und folglich von dieser abhängt. In den Fällen, wo diese Richtung mit der Linie zum Centrifugalkörper einen spitzen Winkel macht, ist es vollends ganz unpassend, von einer Centrifugalkraft zu sprechen, da vielmehr alsdann der umlaufende Körper seinem Hauptkörper, auch ohne Zutritt der Schwerkraft, genähert wird.

In der Mechanik ist es allerdings gebräuchlich, jede Bewegung als eine Kraft darzustellen, oder auf eine solche zu beziehen, mag diese nun eine ursprüngliche oder abgeleitete, einfache oder zusammengesetzte, momentane oder fortwirkende sein. Die Schwerkraft dagegen stellt sich uns als das Primitiv, Selbstständige, Allgemeine und Immerwährende dar, und es giebt in diesem Sinne in der Körperwelt keine zweite Kraft.

nicht nur alle in rückkehrenden Bahnen bewegen, sondern daß diese auch nur wenig vom Kreise abweichen.

Von den Kometen dagegen kann Aehnliches nicht behauptet werden. Nicht allein sind mit Gewißheit erst drei derselben wirklich zurückgekehrt, sondern auch die Bahnen der übrigen weichen (in Bezug auf das uns sichtbare Stück) von der Parabel so wenig ab, daß wir in den meisten Fällen nicht wissen können, ob die Abweichung eine reelle sei oder in den Beobachtungsfehlern liege. Wir werden indeß später sehen, daß gleichwohl die Annahme, sämmtliche Kometenbahnen seien geschlossene Ellipsen, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Die einfachste und am leichtesten zu berechnende Bahn ist die Kreisbahn; ihr zunächst steht in dieser Beziehung die parabolische, hierauf folgt die elliptische und zuletzt die hyperbolische. Im Falle sehr geringer Abweichung der elliptischen Bahn von der kreisförmigen oder parabolischen wählt man daher gern eine dieser beiden Formen, wenigstens als erste Näherung, da wir doch fast in allen Fällen genöthigt sind, uns der Wahrheit stufenweise zu nähern.

Jede Bahn liegt in einer bestimmten — wenn gleich nicht ganz unveränderlichen — Ebene, welche durch den Centralpunkt der Bewegung geht. In diesem Punkte durchschneiden sich also alle Bahnebenen der secundären Körper eines Systems. Je zwei dieser Ebenen haben aber nicht allein diesen Punkt, sondern eine Linie (die Durchschnitts- oder Knotenlinie) mit einander gemein, und ihre gegenseitige Lage ist bestimmt, wenn man die Richtung dieser Linie und den Winkel, den beide Ebenen an derselben einschließen (die Neigung) angiebt. Für unsere Rechnungen genügt es im Allgemeinen, nur die Beziehungen jeder Bahnebene zu einer Grundebene festzustellen, nemlich zur Ebene der Erdbahn. Jeder Körper, der nicht etwa in dieser Ebene

selbst läuft, wird sich in dem einen Theile seiner Bahn nördlich, in einem andern südlich der Erdbahn befinden, und man nennt den Punkt, wo er aus der südlichen Lage in die nördliche übergeht, den aufsteigenden Knoten, der stets dem niedersteigenden gegenüberliegt, also 180° von ihm entfernt ist *).

Knoten und Neigung sind also zwei nothwendige und zugleich von einander unabhängige Grundbestimmungen. Ist nun die in Rede stehende Bahn kreisförmig, so wird man außerdem noch die Periode (Umlaufzeit), den Abstand vom Centralkörper und für eine beliebige Zeit den Ort zu bestimmen haben, wo der Körper sich in der Bahn befand. Diese fünf Data würden also als die Elemente einer Kreisbahn, d. h. die Grundbestimmungen, aus welchen alles Andre abgeleitet werden kann, bezeichnet werden müssen. Da indeß die Umlaufzeit (bei gleichem Centralkörper) vom Abstände abhängt, so bilden diese beiden Bestimmungen nur ein unabhängiges Element, und die Kreisbahn hat also deren vier. — In der parabolischen Bahn haben wir außer den ganz allgemeinen, Neigung und Knoten, den kleinsten Abstand von der Sonne (Perihel), die Zeit des Durchgangs durch dasselbe und die Richtung der von der Sonne zum Perihel gezogenen geraden Linie [Länge **) des Peri-

*) Bestimmungsstücke (Elemente) sind von einander unabhängig, wenn mit der Veränderung des einen nicht nothwendig eine Veränderung des andern verbunden ist.

**) Es ist ein übler Umstand, daß wir im Deutschen nicht, wie die Franzosen, *longitude* und *latitude* (die Polarcoordinaten) von *longueur* und *largeur* (den Raumdimensionen) unterscheiden können. So viel als möglich vermeldet es daher der Astronom, diese Ausdrücke in letzterem Sinne, dem des gemeinen Lebens, zu gebrauchen, da sie ihm in ersterem durchaus unentbehrlich sind. Länge ist also (wo nicht ausdrücklich etwas Andres bemerkt wird) stets

hels], also fünf Elemente. — In der Ellipse endlich hat man die vier, welche in der Kreisbahn vorkommen, und außerdem noch die Richtung der großen Axe (gleichfalls Länge des Perihels genannt) und den Abstand des Brennpunktes vom Mittelpunkte, oder vielmehr dessen Verhältniß zur halben großen Axe, also die Excentricität, was sechs Elemente giebt. —

Die hyperbolischen Elemente sind die fünf parabolischen mit Zuziehung der Excentricität, mithin gleichfalls sechs.

Man kann nun annehmen, daß, wenn die Zahl der zu bestimmenden Elemente sich um eins vergrößert, nicht allein die Arbeit des Berechnens sich mehr als verdoppelt, sondern auch eine größere Masse von Beobachtungen und eine größere Genauigkeit derselben erfordert wird. Bei dem gewöhnlich raschen Verschwinden der Kometen und der Unbestimmtheit ihrer Form und Begrenzung ist es aber schwer, der letzteren Bedingung in hinreichendem Maße Genüge zu leisten. Der Komet wird irgendwo, und häufig an einem nicht sehr vortheilhaft gelegenen Punkte der Erde, entdeckt. Könnte die Nachricht rasch genug zu entlegenen Sternwarten gelangen, so würde man ihn dort auffuchen und so lange verfolgen, als er der Erde überhaupt sichtbar ist, folglich eine größere Zahl von Beobachtungen und diese über einen größeren Theil der Bahn sich erstreckend, erhalten *). Aus diesem Grunde sind wir meistens genöthigt,

ein von der Frühlingsnachtgleiche, als dem Anfangspunkte, gezählter Bogen der Elliptik, und Breite gleichfalls ein Bogen, rechtwinklig zum ersten und also den Winkelabstand von der Elliptik bezeichnend. — Für die andre Bedeutung beider Wörter werden wir, so weit dies möglich, Synonyme gebrauchen.

*) Noch nie ist die Kunde von einem auf der Südhalbkugel entdeckten Kometen früh genug zur nördlichen gelangt und umgekehrt: selbst die verschiedenen europäischen Sternwarten waren schon

eine einfacher und leichter zu berechnende Form der Bahn anzunehmen, selbst wenn wir voraus überzeugt sind, daß sie höchstens als Näherung gelten kann. Das Kepler'sche Gesetz, daß sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die dritten Potenzen der Entfernungen verhalten (bei gleicher anziehender Masse), erlaubt uns, wie oben erwähnt, die Zahl der zu bestimmenden Elemente um eins zu vermindern, da wir sonst beim Kreise fünf, und bei der Ellipse sieben haben würden. Allein der Strenge nach müssen wir als anziehende Masse nicht die isolirt gesetzte Sonnenmasse, sondern die Summe dieser und der Masse des umlaufenden Körpers annehmen, mithin das Quadrat der Umlaufzeit erst mit $1 + m$ multipliciren (m ist die Masse des Planeten, wenn die der Sonne 1 ist, und in allen Fällen ein kleiner Bruch), bevor wir sie der dritten Potenz der Entfernung proportional setzen können. (Masse ist hier das Kraftquantum, mit welchem ein Körper auf andre wirkt, also durchaus nichts Qualitatives.) Die Bestimmung dieser Masse m ist also den obigen Elementen noch hinzuzufügen. Doch ist m bei allen Kometen und bei vier Planeten so klein, daß es noch nicht gelungen ist, irgend einen Null übersteigenden Werth für dieselben nachzuweisen; mit andern Worten, es hat sich noch keine Kraftäußerung dieser Körper auf andre

oft in den wichtigsten Fällen nicht im Stande, einander rechtzeitig Nachricht zu geben. So ist der große schöne Komet von 1843 für die russischen Sternwarten verloren gegangen, was wahrscheinlich nicht der Fall gewesen wäre, hätte ein europäisches Eisenbahnetz bestanden. Die außerordentlichen Vorthelle, welche unsere Kenntniß des Universums, vor Allem die Kometographie, aus der möglichsten Beschleunigung unsrer Communicationsmittel ziehen wird, sind noch nirgends gehörig gewürdigt worden. Die Eisenbahnen werden im geistigen Verkehre denselben Umschwung bewirken, den einst die Logarithmen in den Operationen des Rechners hervorbrachten.

in der Beobachtung ermitteln lassen. Wie es also auch mit ihnen beschaffen sein möge, es bleibt uns bei unsern Rechnungen vor der Hand nichts übrig, als für sie m gleich Null zu setzen, wodurch der obige Factor als solcher entbehrlich wird.

Die Bahnen der Planeten sind nach dem Obigen Ellipsen, und zwar solche, die sämmtlich dem Kreise weit näher als der Parabel stehen. Die kleine Axe (der kürzeste durch den Mittelpunkt gehende Durchmesser) ist von der großen sehr wenig verschieden, und wenn sie in einem richtigen Verhältnisse gezeichnet werden, so würde selbst ein im Schätzen sehr geübtes Auge kaum bei zweien oder dreien ohne Messung den Unterschied beider wahrnehmen. Er beträgt im äußersten Falle bei Juno nur $\frac{1}{33}$, bei der Erde $\frac{1}{7000}$, bei der Venus, wo er am geringsten ist, $\frac{1}{43000}$ des Durchmessers der Bahn. Ohne dies in's Auge zu fassen, wird man leicht mit dem, was man elliptische Planetenbahnen nennt, ganz falsche Begriffe verbinden.

Auch ist hieraus erklärlich, wie man bis auf Kepler die Bahnen für excentrische Kreise halten konnte, denn die Excentricitäten sind allerdings viel stärker. Sie steigt für Juno auf $\frac{1}{4}$, für die Erde auf $\frac{1}{59}$, für Venus auf $\frac{1}{46}$ der halben großen Axe. An den Enden der großen Axe steht der Planet in seinem größten und kleinsten Abstände von der Sonne (Aphelium und Perihelium), an den Enden der kleinen Axe in seinem mittleren. In dem einen Brennpunkte steht die Sonne, im andern nichts.

Der Punkt der Bahn, welcher mit der Frühlingsnachtgleiche zusammenfällt, ist der Anfangspunkt für seine Längen, das Aphelium dagegen Anfangspunkt für seine Anomalie, die also gleichfalls eine Länge ist. Wahre und mittlere Anomalie unterscheidet sich etwa wie wahre und mittlere Zeit; erstere ist (in der Ellipse) ungleichförmig, letztere gleich-

förmig (der Zeit nach) und nichts Wirkliches, sondern nur der bequemen Rechnungsform wegen Angenommenes; und ebenso verhält es sich auch mit wahrer und mittlerer Länge. Die jedesmalige Breite hängt von der Neigung der Bahn und dem Abstände vom Knoten ab. Sie ist am größten und der Neigung selbst gleich, wenn der Planet auf halbem Wege zwischen beider Knoten steht. — Das Maß des Astronomen für die Planetenbahnen ist der mittlere Abstand der Erde von der Sonne, oder eine Linie von 20,690,000 Meilen (15 auf den Aequatorgrad gerechnet), welchen Raum das Licht in 8 Minuten 18 Secunden durchläuft (beides nach den neuesten Bestimmungen). Einen geringeren zu wählen würde (etwa bei der Meile) zu sehr großen Zahlen führen, oder man müßte sich mit runden Millionen begnügen. Aber ein noch wichtigerer Vortheil wird durch die Wahl dieser Einheit erlangt: alle Zahlen in gut bestimmten Bahnen werden dadurch zu genauen Verhältnißzahlen und participiren in dieser Form nicht an der Ungewißheit, welche in der Meilenzahl des Erdb Abstandes liegt und die auch jetzt noch gegen 80,000 Meilen beträgt.

Wird künftig der Abstand der Erde von der Sonne noch weiter vermindert, so ändern sich in gleichem Verhältniß die in Meilen ausgedrückten Planetenabstände, aber die Verhältnisse selbst bleiben, und sie reichen für unsere Rechnungen nicht allein aus, sondern sind sogar nothwendige Bedingung der letzteren. — Nur bei geringeren Größen, als Durchmesser der Weltkörper oder Abstände der Monde von ihrem Hauptplaneten, bedient man sich wohl der Meile, da diese Angaben ihrer Natur nach nicht so äußerst genau sein können und die erwähnte Ungewißheit für sie nicht von so großem Belange ist. —

Geht man über die Grenzen des Sonnensystems hinaus, so würde man auch selbst mit jenem großen Maßstabe zu

unbequem hohen Zahlen gelangen. Deshalb bedient man sich neben ihm häufig eines noch kolossaleren, nemlich des Weges, den das Licht in einem Jahre zurücklegt, und der 63,310 solcher Sonnenweiten beträgt.

Die Bewegung in dieser elliptischen Bahn ist nun schon an und für sich nicht gleichförmig, wenn man die Länge des zurückgelegten Weges betrachtet; sie erscheint aber noch ungleichförmiger dadurch, daß der Punkt, wo sie sich am schnellsten bewegen, dem Brennpunkte am nächsten liegt. Betrachten wir z. B. die Bahn der Juno, wo die kleinste und größte Entfernung sich wie 3 zu 5 verhält. Die lineäre Geschwindigkeit in beiden Punkten steht, dem Kepler'schen Gesetze nach, im umgekehrten Verhältniß, also wie 5 zu 3. Für den im Brennpunkte stehenden Beschauer aber wird der Winkel, unter dem beide Bewegungen erscheinen, nicht wie 5 zu 3, sondern wie 5×5 zu 3×3 sich verhalten, da die Nähe den Gesichtswinkel vergrößert; und so wird sich für Aphelium und Perihelium, aber auch für jeden andern Punkt der Bahn, die (Winkel-) Bewegung verhalten wie das Quadrat der Entfernung umgekehrt. — Noch Kopernikus hatte excentrische Kreise mit gleichförmiger (lineärer) Geschwindigkeit angenommen: man sieht leicht, daß mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen die Annahme sich als unzulässig zeigen mußte. Von der Erde aus gesehen müssen dagegen die scheinbaren Bewegungen der Planeten sich noch verwickelter zeigen. Sie sind stets aus zweien zusammengesetzt, der umgekehrten Erdbewegung (gleichsam dem Spiegelbilde derselben) und ihrer eigenen; ähnlich wie die Bewegung eines am Ufer gehenden Menschen, von einem fahrenden Schiffe aus gesehen, sich zusammensetzt aus der umgekehrten des Schiffs (die man auch an allen festen Gegenständen am Ufer bemerkt) und der eigenen des Gehenden. Man würde daher auch bei gleichförmiger

gen Kreisbahnen der Erde und des Planeten bald ein Rück-, bald ein Vorwärtsbewegen wahrnehmen, je nach dem Winkel, den beide Bewegungen mit einander machen. Nur würde sich in den Perioden dieses Vor- und Rückwärtsgehens eine Symmetrie zeigen, die wir jetzt vermissen, da sich andre Ungleichheiten, deren zum Theil bereits Erwähnung geschehen, damit verbinden.

Rechtläufig nennt man die Bewegung, welche der Zeichenfolge der Ekliptik entspricht, rückläufig die entgegengesetzte. Sonne und Mond sind für unsern Anblick stets rechtläufig, und nur die Geschwindigkeit dieser Bewegung bleibt sich nicht ganz gleich. Sind Sonne, Erde und Planet S, E, P, so wird in der Aufeinanderfolge PSE der Planet rechtläufig, in denen SEP und SPE aber rückläufig sein, in den meisten intermediären Lagen rechtläufig.

Die zweite der angegebenen Lagen kommt nur bei Planeten vor, die entfernter als die Erde von der Sonne stehen, die dritte nur bei näher stehenden.

Man nennt diese Lagen obere Conjunction, Opposition, untere Conjunction; der Zusatz obere ist überflüssig bei Conjunctionen derjenigen Planeten, die nie in untere kommen. Die Rückkehr zur gleichen Lage in Bezug auf Erde und Sonne, also z. B. die Zeit zwischen zwei Oppositionen, heißt synodischer Umlauf; man erhält ihn, wenn man den wahren Umlauf der Erde mit dem des Planeten multiplicirt und das Product durch den Unterschied beider dividirt. So ist der Umlauf der Venus $\frac{5}{3}$ des Erdumlaufs, die Differenz ist also $\frac{2}{3}$, der Quotient $\frac{5}{3}$ Jahre der Erde. Nach der oben gemachten Bemerkung gilt diese Regel indes nur für die mittleren Zwischenzeiten.

In der nachfolgenden Tafel ist zusammengestellt

	der wirkliche Umlauf,	der synodische Umlauf,	die Dauer der Rück- läufigkeit.
Mercur	87 T. 23 St.	115 T. 21 St.	22 Tage
Venus	224 = 17 =	583 = 22 =	42 =
Erde	365 = 6 =	—	—
Mars	686 = 23 =	780 = 0 =	71 =
Vesta	1,325 = 12 =	504 = 5 =	88 =
Juno	1,593 = 2 =	473 = 22 =	98 =
Ceres	1,684 = 18 =	466 = 9 =	104 =
Pallas	1,686 = 7 =	466 = 6 =	104 =
Jupiter	4,332 = 14 =	398 = 22 =	119 =
Saturn	10,759 = 5 =	378 = 2 =	137 =
Uranus	30,686 = 20 =	369 = 16 =	151 =

Alles in mittleren für gegenwärtige Zeit geltenden Werthen.

Es ist leicht ersichtlich, daß ein Planet in den Oppositionen um Mitternacht im obern Meridian erscheint und sowohl deshalb, als wegen der dann stattfindenden größten Erdnähe, am besten sichtbar ist, in den Conjunctionen dagegen kein Planet gesehen werden kann. Für die Planeten Venus und Mercur, wo blos Conjunctionen abwechseln, muß man daher die intermediären Lagen wählen, am besten die Zeit ihrer größten Ausweichungen, d. h. ihres größten scheinbaren Abstandes von der Sonne. Bei Mercur ist diese im mittleren Durchschnitt 23 und höchstens 28 Grad, deshalb ist derselbe besonders in höheren Breiten schwer zu sehen. Kopernikus klagte noch auf seinem Sterbebette, daß er ihn nie gesehen, und auch bei den Alten ist von ihm später die Rede, als von Venus und den übrigen größeren Planeten.

Die Bahnen der vier kleinen, zwischen Mars und Jupi-

ter kreisenden Planeten zeigen eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Alle andern lassen, auch auf einer und derselben Ebene projectirt, beträchtliche Räume zwischen sich, und in dem Wachsen dieser Zwischenräume bei zunehmender Entfernung läßt sich sogar einigermassen ein Gesetz nachweisen. Sene vier Bahnen aber durchschlingen einander, so daß sie, aus soliden Metallringen nachgebildet, sich nicht aus einander herausheben lassen, ohne gleichwohl sich im Raume irgendwo zu berühren. Es ist dies Folge ihrer starken Excentricitäten und Neigungen und der verschiedenen Lage ihrer Perihellen und Knoten, bei geringer Verschiedenheit ihres mittleren Abstandes.

Die Bahnen der Kometen sind Ellipsen, welche der Parabel näher als dem Kreise stehen, wenn sich nicht gar wirklich parabolische oder hyperbolische unter ihnen finden. Der am wenigsten vom Kreise abweichende, der Biela'sche, hat gleichwohl ein Axenverhältniß von 3:5, der Halleysche 2:9, der Komet von 1680 1:80. Hieraus kann man schon schließen, daß die Excentricitäten der Einheit sehr nahe kommen werden; sie betragen bei den drei genannten $\frac{4}{5}$, $\frac{30}{31}$, $\frac{68571}{68572}$. Daraus ergeben sich enorme Differenzen der Geschwindigkeit; der zuletzt genannte z. B. bewegt sich im Perihello in der Secunde 53 Meilen, im Aphelio 11 Fuß, und die Winkelgeschwindigkeit, bezügl. zur Sonne, ist im ersteren 16,130,000,000 Mal stärker als im letzteren.

Die Lücke zwischen der am meisten excentrischen Planetenbahn und der am wenigsten excentrischen Kometenbahn ist noch immer sehr groß, und vorausgesetzt, daß wir keine neuen Körper kennen lernen, welche sie ausfüllen, reicht dieser Umstand allein schon hin, einen wesentlichen Unterschied festzustellen. Denn wie wenig wir auch über die eigenthümliche

Natur der Planeten und Kometen Sicheres wissen mögen, so bleibt doch so viel ausgemacht, daß der Abstand vom Quell des Lichts und der Wärme ein entscheidendes Moment für alle Naturverhältnisse sei; wo also solche Differenzen des Abstandes vorkommen, da müssen wir auf Wechsel gefaßt sein, für welche die Planeten gar kein Beispiel darbieten. Auch deuten die großen Veränderungen in der Gestalt und im Volum der genauer beobachteten Kometen deutlich auf solche Umformungen hin, die auch veranlassen, daß man die Kometen bei ihrer etwaigen Wiederkehr nie an der besondern Gestalt, sondern einzig an der Gleichheit oder doch Ähnlichkeit der Bahnelemente erkennt, während umgekehrt jeder Planet sich durch eine bleibende Eigenthümlichkeit meist schon dem bloßen Auge verräth. — Von den meisten Kometenbahnen können wir nur das kleine Stück, welches unsre Beobachtungen umfassen, wirklich berechnen; keinem einzigen vermag das Rohr in seine Sonnenfernen, ja selbst nur über die Jupitersbahn hinaus, zu folgen. Umlaufzeiten, wie wir sie bei den Planetenbahnen finden, zeigen nur wenige, während andre Jahrtausende gebrauchen und die meisten noch gar nicht in Bezug auf diese erforscht sind. Drei Umlaufsbahnen ausgenommen, wird in allen übrigen die Bestätigung durch wirkliche Wiederkehr noch erwartet; einige dieser Erwartungen sind sogar schon fehlgeschlagen, was freilich sehr wahrscheinlich durch ein zufälliges Verborgenbleiben erklärt werden kann. Wiewohl auch die Planetenbahnen nicht ganz unveränderlich sind, so sind es die der Kometen doch noch ganz unvergleichbar mehr, was sowohl mit ihrer großen Excentricität, als mit Anomalien anderer Art zusammenhängt. Denn für die Planetenbahnen läßt sich außer mancher andern Verwandtschaft insbesondere eine Grundebene angeben, von welcher sie mit einer einzigen etwas erheblichen Ausnahme (Pallas)

nur wenig abweichen; den Kometenbahnen ist jede Richtung gleichgültig, und sogar ein wirkliches Rückwärtslaufen etwas ganz Gewöhnliches: sie haben in Bezug auf ihre Auftheilung gar nichts mit einander gemein, und der Schluss, den man bei den Planetenbahnen aus der nahen Uebereinstimmung der Bahnebenen und anderer Umstände auf einen gemeinschaftlichen Ursprung gemacht hat, ist für Kometen ohne Beweiskraft.

Wir müssen zwar eingestehen, daß mehrfache innere Hindernisse auch in Zukunft zur Folge haben werden, daß die Kometenbahnen nie so gut als die der Planeten erforscht werden können; allein gleichwohl ist unsre, im Vergleich zu andern Theilen der Himmelskunde, so dürftige Kenntniß der Kometenbahnen — und der Kometen selbst — die schwere Schuld der Vernachlässigung oder besser der falschen Richtung früherer Zeiten. Warum hat man für sie nicht gethan, was man doch für andre Himmelskörper zu thun nicht unterließ, wenigstens versuchte — ihren jedesmaligen Ort zu bestimmen? Auch selbst die rohen Angaben, welche die alexandrinische Sternwarte liefern konnte, ja selbst noch unvollkommnere würden für uns unschätzbar sein, wären sie nur überhaupt vorhanden! Einige dürftige, den Chinesen abgeborgte Daten sind Alles, was wir besitzen — d. h. wissenschaftlich Brauchbares besitzen, denn die Anzahl der Schriften, welche von ihnen handeln, ihr Schrecken erregendes Ansehen, ihre feurigen Schwärze und Ruthen, die Länder, welche sie bedroht, die Calamitäten, welche ihnen gefolgt und nicht gefolgt sind, weitläufig beschreiben, heißt Legion. Wie gern vertauschten wir sie alle gegen eine Octavseite wirklicher Beobachtungen!

Die — wie wir in der historischen Uebersicht gesehen haben — allmählig eingetretene bessere Zeit wird unsern Nachkommen zum Nutzen gereichen. Sie werden unsern Jahr-

hundertern den Vorwurf nicht machen, den wir den früheren bis zum 16. hinab nicht erlassen können. Zwar werden auch uns allerdings noch manche — vielleicht die meisten möglicherweise sichtbaren — entgehen: ein Beweis, daß ein fraglicher Komet in unserer Zeit nicht da gewesen, wird auch aus den jetzigen Beobachtungen nicht geführt werden können; dies ist wohl einer noch weit entfernten Epoche vorbehalten. Jetzt müssen wir die meisten und gerade die interessantesten Fragen ablehnen oder mit Mutmaßungen beantworten, und die sehr beträchtliche Erweiterung unsers Sonnensystems durch die Kometen (auf eine mindestens 40fache Uranusdistanz), die wir ihnen verdanken, ist eine ungeheure terra incognita. Die Tafeln der Kometenbahnen liefern uns merkwürdige Beispiele. Der bereits oben angeführte von 1680 kam am 18. Decem-ber Mittags der Sonne so nahe, daß er nur um den sechsten Theil ihres Durchmessers von ihrer Oberfläche entfernt war. Ob die Rechnung, daß er eine Hitze gleich der 2000fachen des glühenden Eisens dabei empfunden habe, richtig ist, mögen uns diejenigen sagen, die ganz genau Thermometer-, Barometer- und wer weiß was sonst noch für Meterstände auf den verschiedenen Planeten und Monden anzugeben wissen; so sehr geschadet hat sie ihm nicht, denn er sah nach seiner Rückkehr ziemlich eben so aus, als da er diese Feuerprobe noch nicht bestanden hatte.

Ein andrer, der uns mit einem sehr nahen Besuche beehrte (er blieb nur etwa 7 Mal weiter entfernt als der Mond), der von 1770, und der eine Umlaufzeit von $5\frac{5}{8}$ Jahren haben mußte, hat sich nicht wieder sehen lassen, in Folge eines noch nähern Besuchs bei dem mächtigen Jupiter, der ihm eine ganz andre Bahn anwies, wenn er ihn nicht gar — wie Gruthuyssen behauptete — als Vasallen festgehalten hat. Wir haben kürzlich durch Clausen eine in aller Strenge durch-

geführte Berechnung seines Laufs in der Erdnähe erhalten: hoffentlich wird dieser geschickte Analyst seine Arbeiten auch für die entlegenern Theile der Bahn fortsetzen und uns über das fernere Schicksal dieses kühnsten aller Kometen genauere Auskunft ertheilen. Der Encke'sche ist unter allen am genauesten bekannt und er hat bereits zu merkwürdigen und unerwarteten Entdeckungen geführt; er ist schon zehnmal wiedergekehrt, diejenigen Epochen ungerchnet, bei denen er nicht aufgefunden ward. Der Biela'sche, gleichfalls schon dreimal beobachtet und in $6\frac{3}{4}$ Jahren wiederkehrend, enthält noch einen solchen Berechners; auch über die letzte Erscheinung des Halle'schen ist außer dem vorläufigen Resultat noch nichts bekannt gemacht worden; er wird Anfangs des Jahres 1912 zum siebenten Male wiederkehren (gleichfalls nur die ganz gewissen Erscheinungen gezählt, denn die Muthmaßungen reichen gegen 2000 Jahr hinaus).

Der große von 1811 mag etwa zur Zeit des trojanischen Krieges zum vorletzten Male erschienen sein. Von Agamemnon bis Napoleon ist viel auf Erden vorgegangen — wie wird sie aussehen, wenn er 4700 n. Chr. wiederkehrt? — Die Identität der Kometen von 1264 und 1556 müßte sich um 1848 bestätigen; Gewisses läßt sich darüber nicht behaupten.

Eine wirklich parabolische oder hyperbolische Bahn könnte den Namen Umlaufbahn nicht führen: beide Curven gehen mit ihren Nesten in's Unendliche fort. Eine Rückkehr zur Sonne wäre also auch in den entferntesten Zeiten hin nicht möglich und der Komet müßte endlich aus dem Gebiet der Sonne in das eines andern Fixsterns treten und sich in einer neuen Parabel oder einem andern Kegelschnitt um diesen schwingen. Die Sache wird sehr unwahrscheinlich, wenn man erwägt, wie ungemein langsam die Bewegung werden

müßte und wie unermessliche Fernen gleichwohl damit zurückgelegt werden sollen. Wenn der Komet von 1680 in seinem Aphelio nur 11 Fuß in der Secunde — der Geschwindigkeit eines mäßig raschen Pferdes — vorrückt, so wird er in einer 500 Mal größeren (der halbe Weg bis zu α Lyrae, einem der nächsten Fixsterne) wohl nur noch die eines kriechenden Insects haben. Und mit dieser Langsamkeit sollen Wege von Billionen Meilen zurückgelegt werden! Um ein so ungeheures Mißverhältniß annehmbar zu machen, müßten sehr bestimmte und absolut zwingende Thatsachen vorliegen, die gar keinen andern Ausweg ließen, und dies ist durchaus nicht der Fall. Ueberhaupt möchte bezweifelt werden, ob die, welche solche Spazierreisen von Fixstern zu Fixstern als etwas gar Anmuthiges und Unterhaltendes, die Eimerleichtigkeit und Langeweile des planetarischen Lebens angenehm Unterbrechendes gehalten haben, nach Erwägung dieser Umstände noch Lust bezeigen sollten, sie mitzumachen.

Mit Milliarden von Erdjahren, zugebracht in jenen ewig umnachteten Himmelswüsten, sind wahrlich die wenigen Monate einer neuen Sonnennähe zu theuer erkauft.

Wir wissen wohl, daß man die Sache anders aufgefaßt, und von einer „Befreiung aus den Banden der Schwerkraft“ gesprochen hat, welche den Kometen, nachdem sie der Sonnenanziehung „glücklich entwischt“ seien, zu Statten kommen werde. Aber die Attraction der Sonne ist keine festbannende, den raschen lebendigen Schwung hemmende, sondern gerade umgekehrt, je näher der Sonne, desto freudigere Bewegung. Mercur bewegt sich sieben Mal rascher als Uranus, und dies ist nothwendige Folge des allgemeinen Gesetzes. Wohnte den Kometen noch eine besondere, dem allgemeinen Gesetz nicht unterworfenen Fortbewegungskraft bei, so würden sie diese auch in der Sonnennähe beibehalten; oder wollte man selbst an-

nehmen, sie würde in der Nähe der Sonne durch irgend einen physischen Umstand gleichsam gebunden und erst allmählig frei, so könnten doch die Bahnberechnungen nicht mit den Beobachtungen bei wiederkehrenden Kometen übereinstimmen, wie doch notorisch der Fall ist. Kurz es bleibt nichts als die Alternative: entweder das oben entworfene trostlose Bild sich gefallen zu lassen, oder die nicht geschlossenen Bahnen aufzugeben. Die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten weichen im Allgemeinen noch weniger vom Kreise ab, als die der Planeten um die Sonne; denn daß sie die letzteren mitmachen, und dadurch ihre wirklichen Bahnen im Weltraume zu Cycloiden (Radlinien) werden, brauchen wir bei der Berechnung zunächst nicht in Betracht zu ziehen. Diese wird immer auf den Hauptplaneten bezogen, eben so wie wir die der Planeten auf die Sonne als festen Punkt beziehen, ob wir gleich wissen, daß sie selbst, als Glied irgend eines höheren Systems, eine beträchtliche Fortbewegung im Weltraume hat. Zugleich ist bei ihnen der scheinbare Ort mit geringen Modificationen auch immer der wahre, denn beim Monde unserer Erde beobachten wir stets aus einem dem Schwerpunkte sehr nahen Punkte, und bei denen der entfernten Planeten, die wir stets als sehr kleine Projectionsellipsen erblicken, kommt die Bewegung der Erde nur in untergeordneten Betracht, was man leicht einseht. Wären die Jupiters- und Saturnsmonde den früheren Jahrhunderten bekannt gewesen, so hätte das Kopernikanische System wohl nicht so lange auf sich warten lassen, und das Losreißen von dem alten Grundirrtum, alle Bewegungen im gesammten Universum auf die Erde zu beziehen, wäre leichter gewesen *).

*) Kopernikus wäre um den besten Theil seines Ruhmes gekommen, wäre vor ihm das Fernrohr erfunden worden. Denn mit den

Indeß zeigen sich hier ganz eigenthümliche Schwierigkeiten, von denen weiterhin die Rede sein soll. Hier sei nur erwähnt, daß die Veränderungen ihrer Elemente ganz unvergleichbar rascher vor sich gehen, so daß z. B. ein Jahr an der Bahn unsers Mondes mehr ändert als tausend Jahre an der Bahn der Erde.

Daher ist auch die genaue Bestimmung der Bahn unsers Mondes stets eine der schwierigsten Aufgaben gewesen. Seine Nähe macht genaue Beobachtungen möglich, und jede nicht streng richtige Theorie wird folglich Abweichungen zeigen, die eine Aufforderung zu noch weiter gehender Berichtigung sind. Durch ihn sind wir mit einer Menge der wichtigsten Beziehungen bekannt geworden, die zwar alle mit strenger Consequenz aus dem Newtonschen Gesetz abgeleitet werden können, auf die man aber gleichwohl nicht so leicht gekommen wäre, ohne die durch die Mondbeobachtung gegebene Anregung, danach zu forschen.

Wir kennen außer unsrem eignen Monde noch die 4 des Jupiter, 7 des Saturn, und eine noch nicht wohl zu bestimmende Zahl des Uranus *). Die ersteren laufen in Bahnen, die äußerst nahe kreisförmig sind, ja die beiden innersten sind in Beziehung auf unsre Beobachtungen absolute Kreisbahnen. Ihre wirkliche Bewegung würde daher sehr gleichförmig sein, wenn nicht ihre gegenseitigen Störungen höchst merkwürdige

Argumenten, welche die heutige Beobachtung darbietet, wäre auch ein mittelmäßiger Kopf darauf verfallen, ohne drei und zwanzig Jahre zu gebrauchen.

*) Herschel I. gab zwei als gewiß und vier als muthmaßlich (denn es könnten auch kleine Fixsterne sein); die beiden als gewiß erkannten haben Herschel II. und Lamont wieder aufgefunden; letzterer auch noch einen dritten, wiewohl mit großer Nähe.

Anomalien bewirkten. Von denen des Saturn wissen wir — den 6. ausgenommen — wenig Genaueres in Bezug auf ihre Bahnen. Der innerste vollendet sie schon in $22\frac{3}{5}$ St., die kürzeste aller uns bekannten Umlaufzeiten. Noch weniger bekannt sind die Bahnen der Uranusmonde, mit Ausnahme eines höchst merkwürdigen Factums — ihre Bahnen stehen fast senkrecht auf der Ekliptik und die Neigung geht sogar über den rechten Winkel hinaus (102°) sie sind also retrograd.

Ihr Phasenwechsel ist von dem unsers Mondes fast total verschieden, außer wenn Uranus in der Nähe des Knotens dieser Bahnen steht. Auf halbem Wege zwischen den Knoten stehen dagegen die Monde beständig in der Quadratur oder doch wenig davon entfernt, und das erleuchtete Stück nimmt wechselseitig die obere, rechte, untere und linke Hälfte ein.

VIII.

Die Rotationen.

Eben so allgemein, wie die Bahnbewegungen, scheinen auch die Rotationen zu sein, wenigstens kennen wir noch keinen Körper, der einen Beweis des Gegentheils lieferte. Die Aeren, um welche die Rotationen vor sich gehen, sind in Beziehung auf den rotirenden Körper selbst absolut unbeweglich, nicht aber in Beziehung auf den Himmel, wiewohl auch hier alle Veränderungen in bestimmte und zugleich ziem-

lich enge Grenzen eingeschlossen sind. Die Punkte, wo jetzt die Pole der Erde liegen, waren die Enden der Aere seit es eine Erde giebt, und werden es sein, so lange es eine geben wird. Aus einer von Vessell darüber angestellten Berechnung geht hervor, daß alle Veränderungen, die der Erdkörper möglicherweise erfahren kann, die Aere noch nicht um einen Zoll zu verrücken im Stande gewesen wären, und eben dies gilt von den übrigen Planeten. Die Stellungen der Aere gegen die Bahn um die Sonne variiren allerdings etwas und können nach vielen Jahrtausenden eine geringe Veränderung im Unterschiede des Sommers und Winters (nicht in der Mitteltemperatur) hervorbringen.

Diesjenigen, welche das allerdings merkwürdige Vorkommen fossiler tropischer Gebilde in hohen Breiten der Erde erklären wollen, haben sich nach andern als astronomischen Erklärungen umzusehen: mindestens werden sie im Sonnensystem sicherlich nichts finden, was ihren Zwecken dienen könnte. Auch ist man in der Geologie und Klimatologie noch gar nicht einig darüber, was denn eigentlich zu erklären sei, und so wird der Astronom um so eher auf eine Vertagung der Frage antragen können, da man doch wohl nicht verlangen wird, er solle für die widersprechendsten Annahmen gleichzeitig Nachweise zur Hand haben. Ferner sind alle Rotationen gleichförmig, vielleicht mit einer (jedemfalls sehr geringen) Ausnahme für die gegen ihre Hauptplaneten verlängerten Monde, und für alle Zeiten dieselben. Es läßt sich nachweisen, daß die Rotation der Erde seit Hipparch, d. h. seit 2000 Jahren, auch nicht um den 200. Theil einer Zeitsecunde ab- oder zugenommen haben könne, und Laplace hat hieraus weiter den Schluß gezogen, daß die Erde im Ganzen seit jener Zeit auch nicht um eine Kleinigkeit wärmer oder kälter geworden sein könne. Ein Gesetz für die

Dauer der Rotationen hat sich noch nicht gefunden; wäre die Dichtigkeit der Weltkörper, von der Oberfläche nach dem Centro zu, gleichförmig, so würde sich ein bestimmtes Verhältniß zwischen den Rotationszeiten, den Abplattungen und den Dichtigkeiten aufstellen lassen. Annähernd richtige Formeln hat man zwar schon mehrere versucht, aber ohne gründlichen theoretischen Nachweis und ohne daß sie sich durch später gemachte Erfahrungen bewährt hätten.

Wahrscheinlich sind die Rotationen eben so ursprünglich als die Umlaufbewegungen selbst, und hängen mit ihnen nothwendig zusammen. Wenigstens läßt sich auf mehrfache Weise darthun, daß ein um die Sonne laufender Körper, der von dieser Wärme und Licht empfängt, nicht ohne eine bestimmte Rotation sich erhalten könne, selbst wenn er anfangs keine, oder eine viel langsamere gehabt hätte.

Man denke sich z. B. unsere Erde anfangs nicht rotirend, so werden Tag und Sommer, so wie Nacht und Winter zu identischen Begriffen. Wo die Sonne so eben aufgeht, fängt der Sommer an, und ist der Moment der größten Kälte, denn eine sechsmonatliche Nacht ist vorhergegangen, am gegenüberliegenden Untergangspunkte herrscht dagegen beträchtliche Wärme. Kälte aber zieht zusammen und vergrößert dadurch die relative Schwere; der Punkt, wo die Sonne aufgeht, ist folglich schwerer als der entgegengesetzte, er muß also mehr als dieser zur Sonne gravitiren, was eine Rotation und zwar in dem Sinne, wie sie gegenwärtig stattfindet, zur nothwendigen Folge hat.

Wir geben diese Erklärung nur, um in der Kürze zu zeigen, daß Rotation sein müsse, nicht um zu behaupten, daß dies die ausschließliche Ursache sei. Denn die Rotation der Sonne, die eigenthümliche der Monde und die Neigungen der Axen gegen die Bahn zeigen zur Genüge, daß auch andre

Ursachen, und zwar ursprünglichere, mitgewirkt haben, und das oben berührte Verhältniß trägt vielleicht nur dazu bei oder hat dazu beigetragen, die Rotationen gleichförmig und unveränderlich zu machen. Die Sonne rotirt in $25\frac{1}{2}$ Tagen, die 4 der Sonne nächsten Planeten jeder in etwa 24 Stunden, die großen entfernteren in etwa 10—11 Stunden, von den mittleren, neu entdeckten, wissen wir in dieser Beziehung nichts. Die Monde rotiren in derselben Zeit, in welcher sie sich um ihren Hauptplaneten drehen, würden ihm also bei einem gleichmäßigen Kreisläufe und einem Zusammenfallen der Bahn- und Rotationsebene streng genommen stets dieselbe Seite zuwenden, was näherungsweise wirklich der Fall ist. Aus den Beobachtungen läßt sich dies zwar nur für unsere eignen, die 4 Jupiters-, und den siebenten Saturnsmond darthun, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß es für die übrigen auch stattfindet. Bei den Kometen läßt sich allerdings keine Rotation nachweisen; ihre Durchsichtigkeit, verbunden mit ihrer nebligen Umhüllung, kann uns nichts von Phasen zeigen. Auch hat Bessel am Halley'schen Kometen eine Erscheinung wahrgenommen, die nicht auf Rotation, sondern auf eine Pendelschwingung deutet, und die eine Periode von $4\frac{3}{5}$ Tagen hat. Wahrscheinlich vereinigen sich in einem Kometen, bei seinem fast gänzlichen Mangel an Cohäsion der einzelnen Theile, sehr verschiedene Bewegungen, daher die eben so raschen als beträchtlichen Veränderungen seiner Form und Größe. Die Fixsterne scheinen gleichfalls zu rotiren, wenigstens erklärt man sich dadurch die periodischen Lichtveränderungen mehrerer derselben.

Am directesten überzeugt man sich von einer stattfindenden Rotation, wenn man wirkliche Flecke auf der Oberfläche eines Weltkörpers wahrnehmen kann, welche regelmäßig so

fortrücken, wie eine Rotation es fordert. Sind diese Flecke an sich selbst unveränderlich, so läßt sich die Rotationsperiode mit fast absoluter Genauigkeit ableiten, sind sie es nicht, so muß man mit einer Annäherung zufrieden sein. Auf diese Weise haben wir für Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter und Saturn die Rotationsperioden bestimmt.

Bei Weltkörpern, die einen Wechsel der Lichtgestalt zeigen, und deren Oberfläche hinreichend große Unebenheiten enthält, kann man auch aus den Ungleichheiten des elliptischen Bogens, der Tag und Nacht trennt, (wenn man nemlich die ähnliche Ungleichheit periodisch wiederkehren sieht) die Rotation bestimmen; dies hat man bei Mercur und Venus versucht.

Wo man zwar keine Flecke (wegen zu kleinen scheinbaren Durchmessers des Weltkörpers) wahrnehmen kann, doch aber, eine periodische Ab- und Zunahme des Glanzes bemerkt, für welche sich keine andre genügende Erklärung findet, da läßt sich ebenfalls mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Rotationsperiode schließen. Beispiele sind die erwähnten Jupiters- und Saturnsmonde. —

Wo weder ein hinreichend deutlicher Fleck, noch ein periodischer Lichtwechsel wahrgenommen wird, bleibt die Dauer der Rotation unbekannt. — Zwei Rotationen haben die Astronomen lange in Verlegenheit gesetzt: die der Venus und die des Saturnrings. Man kann beide Controversen jetzt als beigelegt betrachten; beide aber sind ein merkwürdiges Beispiel, wie sehr man sich vor raschen Schlüssen aus unvollkommenen oder vieldeutigen Beobachtungen, und mehr noch vor Verdächtigungen andrer, scheinbar widersprechender, hüten muß. Cassini I. bestimmte in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts durch seine großen Fernröhre die Rotation der Venus auf 23 St. 15 Min.; Bianchini im

Anfange des 18. auf 24 Tage 8 Stunden. Unmöglich konnten beide der Wahrheit nahe stehen, sondern in der einen mußte mehr als ein bloßer Fehler, es mußte ein vollständiger Mißverstand zum Grunde liegen. Cassini hat das Detail seiner Beobachtungen uns nicht ganz vollständig gegeben, wohl aber Bianchini, der mehrere Figuren von Venusflecken zeichnete, die fast alle längs der Lichtgrenze gesehen worden waren und sich auch fast parallel mit dieser bewegt haben sollten. Hieraus wäre nicht allein die obige sonderbare Periode, sondern auch eine Lage der Aequator der Venus nahe senkrecht auf seiner Bahn gestanden hätte — wie man es vom Uranus vermuthet. — Beide Astronomen hatten in Italien beobachtet, und später war es Niemandem gelungen, Venusflecke wieder zu sehen. Um den Streit zu beenden, versuchte man, wie oben erwähnt, die Ungleichheiten der Lichtgestalt, insbesondere der Hörnerspitzen, zu beobachten, welche (freilich nicht mit völliger Sicherheit) das Cassini'sche Resultat bestätigten.

Eben so hatte Herschel I. nach langer vergeblicher Bemühung endlich einige überaus schwache Flecke wahrgenommen, die ihm kein bestimmtes Resultat lieferten, ihm aber doch die Bianchini'sche Periode als eine höchst unwahrscheinliche darstellten. Der Streit, der durch Huxley's Abhandlung *on the rotation of Venus*, worin er nicht allein Cassini's Schlußfolgerung, sondern auch sein und seines Sohnes wissenschaftliche Glaubwürdigkeit zu verächtlichen suchte, fast ein persönlicher geworden wäre, ist nun endlich dadurch entschieden, daß es de Vico und seinen Mitbeobachtern in Rom gelungen ist, Venusflecke mit Bestimmtheit und hinreichend oft wahrzunehmen, die ihm ganz unzweifelhaft eine der Cassini'schen nahe kommende Periode gaben. Wahr-

scheinlich hat der hochverdiente Bianchini — gegen den alle übrigen wirklichen Beobachter sprechen — nicht sowohl Flecke, sondern vielmehr den Abfall des Lichts gegen die Erleuchtungsgrenze hin, der sich stets als eine leichte Schattirung zeigt, mit welchem sich vielleicht ein und der andre Fleck vermischte, und wozu sich auch noch das Farbenspiel in seinen nicht achromatischen Ferngläsern gesellen mochte, wahrgenommen.

Der zweite Differenzpunkt betraf den Saturnsring. Herschel I., dem wir so viele ähnliche Untersuchungen der schwierigsten Art verdanken, bestimmte die Rotation des Saturn selbst auf 10 St. 16 Min. und die des Ringes auf 20h 32'; die erstere aus einem großen dunkeln (aber sehr verwachsenen) Flecken auf der Kugel, die zweite aus knotenähnlichen Punkten am Ringe; beides nur rohe Näherungen und um mehr als ihren Unterschied ungewiß.

Schröter fand für Saturn selbst ein ähnliches Resultat; für den Ring aber glaubte er wahrzunehmen, daß zu der Zeit, wo er sich für uns sehr verengert und fast schon in eine gerade Linie zusammenfällt, sich zwei feste Lichtpunkte auf ihm zeigten und daß er also gar nicht rotire. Gegen ein solches Resultat nun mußte sich die Theorie sträuben. Es wollte sich keine Möglichkeit zeigen, einen frei schwebenden und nicht rotirenden Ring im Gleichgewicht zu erhalten und ein Mittel zu erdenken, ihn nicht auf Saturn herabstürzen zu lassen, bei der geringsten Störung von außen.

Schwebt er aber nicht frei, ist er auf irgend eine Weise durch ein uns nicht erkennbares Medium an die Saturnskugel gebunden und ein integrierender Theil derselben, so mußte er ja um so mehr die gleiche Rotation haben, wie Saturn selbst. — Der Streit ist nicht durch neue Beobach-

tungen, sondern durch eine sinnreiche Erklärung des berühmten Dilemmas entschieden worden. Er zeigte, daß zur Zeit der größten Verengung des Ringes diejenigen Stellen, welche optisch die breiteste ungetheilte Fläche darboten, heller als die übrigen sowohl nach den Enden, als nach der Mitte zu liegenden, leuchten mußten, und daß dies gerade diejenigen Stellen seien, welche Schröter wahrgenommen hatte. Uebrigens spricht die höchste Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Ring frei schwebt und dabei doch mit Saturn die gleiche Rotationsperiode habe.

Mit den Rotationen stehen die Abplattungen in nothwendigem Zusammenhange. Jede nicht vom ersten Ursprunge an absolut feste Kugel muß durch den Umschwung zum Sphäroid (abgeplatteten Kugel) werden. Nun ist wenigstens die Erde auch jetzt nicht absolut fest (denn der größte Theil ihrer Oberfläche ist oceanisch) und sie war dies im Anfange wohl noch viel weniger. Man kann den Versuch mit einer weichen Thonkugel machen, die man um ihre Axe schwingen läßt. Je schneller die Rotation, desto stärker die Abplattung, daher sind Jupiter und Saturn weit mehr als die Erde abgeplattet, Mond und Sonne dagegen weit weniger. Auf diese Ansicht gestützt, konnte Newton, gegen das von den französischen Geometern aufgestellte Resultat, behaupten, die Erde sei abgeplattet, ja er konnte sogar das Verhältniß bestimmen, in welchem Axe und Aequatordurchmesser zu einander ständen, nemlich 230 und 231, falls die Erde gleichförmig dicht sei. Wäre sie dies nicht, und z. B. gegen die Mitte stärker verdichtet, so sei die Abplattung kleiner; im umgekehrten Falle (also z. B. dem einer Hohlkugel) größer. Die Folgezeit hat bewiesen, wie richtig Newtons Behauptungen waren.

Somit hängt auch die Dichtigkeit und die Vertheilung

der Masse im Innern eines Weltkörpers mit der Notation zusammen. Die Verdichtung nach der Mitte zu ist bei unserer Erde durch wirkliche Wägungen außer Zweifel gesetzt. Nach ihnen ist die mittlere Dichtigkeit der Erde etwa die doppelte derjenigen, welche die festen Massen der Oberfläche (Sand, Kalk, Thon, Granit, Glimmer u. s. w.) zeigen; die Dichtigkeit des Centrum selbst muß also noch weit größer sein (nach Schmidt's approximativer Berechnung etwas mehr als die vierfache von der Dichtigkeit der äußern Rinde). Die directen Wägungen haben also nur bestätigt, was die Theorie aus dem Abplattungsverhältniß bereits im Allgemeinen gefolgert hatte; und wir können mit ähnlicher Bestimmtheit, und aus ganz ähnlichen Gründen, aus den Beobachtungsdaten über Abplattung, Rotation, Durchmesser und Masse für Jupiter und Saturn schließen, daß auch bei ihnen die Dichtigkeit von der Oberfläche nach der Mitte hin sehr stark zunehme, ja wahrscheinlich noch erheblich stärker als bei unserer Erde. So hat eine consequente Verbindung der Thatfachen, ohne einen Schatten von Hypothese, nicht allein das Centrum unserer Erde erschlossen und uns dort einen metallichten Kern gezeigt, dem Traume von einer großen Hohlkugel und dem eigenthümlichen Leben in derselben ein Ende gemacht; sondern auch sogar in das verborgenste Innere fremder Weltenkugeln ist sie eingedrungen. — Nicht bloß einen Maßstab hat der Astronom gefunden, auch eine Waagschale hat er sich zu verschaffen gewußt.

IX.

Die Störungen.

Die absolute Zuverlässigkeit der mathematischen Disciplin ist schon Vielen ein Dorn im Auge gewesen, und sie haben gern jede Gelegenheit ergriffen, der Wissenschaft etwas anzuhängen, wo sich scheinbar eine Lücke oder Incongruenz zeigte. — Selbst Voltaire, der sich gar zu gern das Ansehen gegeben hätte, als ob er den Newton verstünde, hatte gegen einige Sätze der Geometrie etwas einzuwenden. — In der Astronomie waren es namentlich gewisse Venenungen, die bei denen, welche in die Sache selbst nicht einzubringen vermochten, Anstoß erregten, und dahin gehört auch insbesondere der Name Störung (Perturbation).

Wäre jeder secundäre Körper in seiner Bewegung allein auf seinen primären angewiesen; bestünde das Gesetz der Schwere bloß für jeden Particularfall insbesondere und nicht allgemein für den gesammten Connex aller Weltkörper: so wäre allerdings die Arbeit des Astronomen beträchtlich erleichtert. Jede Bahn bliebe, wie sie einmal sich festgestellt hat, jeder Körper würde genau denjenigen Ort der Bahn einnehmen, den die nur auf den Hauptkörper bezogene Rechnung ihm in dieser anweist. Wir reicheten, sobald die Elemente einer Bahn bestimmt wären, einfach mit den Kepler'schen Gesetzen aus, und diese lassen eine ziemlich elementare Form zu, vollends beim Gebrauch von Tafeln. So nun ist es nicht: wir müssen neben dem eigentlichen Hauptkörper auch noch die ganz ähnliche Wirkung aller andern

Körper in Betracht ziehen, und da bei der großen Anzahl derselben dies praktisch in unendliche Weitläufigkeiten führen würde, eine Auswahl treffen und alle diejenigen, deren Wirkung merklich werden kann, in Bezug auf diese Wirkungen untersuchen. Dieser Umstand nun stört — nicht die Ordnung der Natur, nicht die Einfachheit und Allgemeinheit des Attractionsgesetzes, die vielmehr eben dadurch auf's Schönste bestätigt wird — sondern nur die Bequemlichkeit und Kürze unserer Berechnungen, und daher der gewählte Ausdruck. Die Störung ist also nichts weniger als eine Verwirrung und Unordnung, sie ist nicht — wie Unkundige wohl gewöhnt haben, — ein Nothbehelf unserer nicht recht passenden Theorien, eine offen gelassene Hinterthür für etwaiges Nichteintreffen — sondern sie ist vielmehr eine nothwendige Consequenz, und unterliegt eben deshalb eben so strengen Regeln als die Hauptbewegung. Nur ist freilich ihre Entwicklung in ihrer jetzigen Vollendung ein Product der allerneuesten Zeit, und wir haben noch Vieles zu thun, bevor wir uns rühmen können, das Newton'sche Gesetz zu einer durchaus vollständigen Entwicklung und Anwendung geführt zu haben. Auch ist vorauszusehen, daß die praktischen Berechnungen nicht durchaus im Stande sein werden, Alles auf's Genaueste mit zu berücksichtigen, selbst wenn die Theorie damit völlig auf's Reine gekommen sein sollte. So erfordert — bis jetzt wenigstens — die strenge Berechnung derörter des Enck'schen Kometen in allen seinen Erscheinungen einen fast bloß für ihn allein lebenden Berechner, trotz alles Scharfsinnes in Auffindung der möglichsten Rechnungs-Erleichterungen. —

Die Störungen sind eben so wie alle Veränderungen wesentliche Momente der allgemeinen Ordnung des Weltsystems, sie werden voraus berechnet und rückwärts geschloß-

sen, eben so wie die Bahnen selbst; sie sind endlich das Mittel, eine Menge der allerwichtigsten Beziehungen zu erforschen, die uns sonst ewig verborgen bleiben würden. Wir wüßten Nichts von der Masse und Dichtigkeit der Monde und der mondlosen Hauptplaneten, wenn sie ihre Wirksamkeit nicht durch diese Störungen bekundeten.

Wir würden über eine der wichtigsten physischen Grundlagen, über die Schwere an der Oberfläche dieser Körper, in Ungewißheit bleiben; mit einem Worte: wir würden weit weniger tiefe Blicke in den innern Haushalt des Universums thun können, wären jene Störungen nicht vorhanden, oder wären sie so gering, daß unsere Beobachtungen sie nicht verathen könnten.

Es kann hier der Ort nicht sein, eine Entwicklung auch nur der hauptsächlichsten Störungen zu geben, nur mögen hier einige Worte über ein Paar der leichtesten, und zugleich allgemeinsten Fälle stehen.

Es laufe ein Mond um seinen Hauptplaneten und mit diesem um die Sonne, und beide Perioden sollen nicht identisch sein (was auch theoretisch nicht möglich wäre, weder bei unserm noch irgend einem andern Monde). Man denke sich nun die drei Körper in gerader Linie hinter einander, etwa Sonne, Planet, Mond; so wird die Sonne beide anziehen, den Planeten aber stärker als den Mond. Dadurch wirkt sie derjenigen Kraft, mit welcher der Planet seinen Mond anzieht, entgegen, denn es ist klar, daß, wenn etwa letztere gar nicht stattfände, sie den Abstand des Mondes vom Planeten vergrößern müßte. Zwar wird dadurch die Attraction des Planeten gegen den Mond nicht aufgehoben, wohl aber vermindert, und von der entgegengesetzten Lage SMP gilt dasselbe, wie man leicht einsieht. — Man denke sich nun zweitens die drei Körper im

rechten Winkel, also $\frac{M}{SP}$ oder $\frac{SP}{M}$, so wird die Sonne beide etwa gleich stark anziehen (denn die Entfernung des Mondes vom Planeten ist höchstens $\frac{1}{400}$ derjenigen, in welcher die Sonne steht) aber nach verschiedenen und zwar convergirenden Richtungen, wodurch (wie vorhin abgesehen von der Anziehung des Planeten gegen den Mond) beide Körper einander genähert werden müssen. Nithin verstärkt in dieser Lage die Anziehung der Sonne noch die des Planeten. — Man sieht leicht, daß bei dieser von außen kommenden wechselweisen Vermehrung und Verminderung der Zugkraft die Bahn nicht dieselbe Form behalten könne, die sie ohne eine solche Störung hätte, und daß also auch die Geschwindigkeit der Bewegung dadurch alterirt, und bald beschleunigt, bald vermindert werden muß. Die Thatsache, insofern sie den Erdmond betrifft, fand schon Ptolemäus, auf die Erklärung kam erst Newton.

Bei diesem Fluctuiren in Beziehung auf einzelne gegebene Punkte in der Bahn könnte gleichwohl die letztere im Ganzen, d. h. der Periode und dem mittleren Abstände nach, ungeändert bleiben, wenn etwa im Verlauf derselben Beschleunigung und Verminderung sich gegenseitig aufhoben. Die nähere Untersuchung aber zeigt, daß wenigstens in unserm obigen Beispiele dies nicht der Fall sei. Die Verminderung der Kraft ist im Ganzen doppelt so stark als die Vermehrung, folglich ist, auch durchschnittlich betrachtet, die Bahn eine andre, als sie ohnedies wäre.

Betrachten wir ein Verhältniß andrer Art. Ein Mond laufe um seinen Hauptplaneten in einer Bahn, deren Ebene eine Neigung gegen die Bahn des Hauptplaneten hat, also die Ebene der letztern in einem gewissen Punkte schneidet.

Der Mond stehe im Begriffe, sich diesem Punkte zu nähern, d. h. durch seinen Knoten zu gehen. Die Sonne, in derselben Ebene stehend, bewirkt nun durch ihre Anziehung, daß der Mond (auch wenn er nicht sich um den Planeten bewegte) sich dieser Ebene nähern muß; da er nun in seiner Bahn dasselbe thut, so wird eins durch das andere verstärkt, die Ebene also früher (und also auch in einem weiter rückwärts gelegenen Punkte) erreicht und durchschnitten. Zwar ist auch hier leicht einzusehen, daß in andern Punkten der Bahn auch die Wirkung anders ausfallen, und sich in ihr Gegentheil verkehren werde; gleichwohl zeigt eine nähere Untersuchung, daß eine völlige Compensation nicht stattfindet, sondern die den Knoten rückwärts schiebende Wirkung ein Uebergewicht über die entgegengesetzte hat. Diese wenigen Andeutungen mögen hier genügen, und wir wollen nur noch, ohne auf die speciellen Ursachen einzugehen, die Wirkungen übersichtlich zusammenstellen, welche in die Kategorie der Störungen gehören. Die mittleren Bewegungen werden wechselweise beschleunigt und vermindert. Jeder Planet, der in der Bahn eines andern eine Veränderung dieser Art hervorbringt, empfindet seinerseits die entgegengesetzte Rückwirkung, ähnlich wie eine Kanone in dem Moment, wo die Kugel abgeschossen wird, zurück läuft. Keinesweges aber ist Wirkung und Gegenwirkung in Bezug auf das Resultat, die Veränderung der Bewegung, einander nothwendig gleich, so wenig, als — um das erwähnte Beispiel festzuhalten — die Kanone bei ihrem Zurücklaufen gleiche Schnelligkeit mit der fortfliegenden Kugel zeigt. In gewisser Beziehung kann man allerdings Wirkung und Gegenwirkung gleich setzen, wenn man nemlich nicht die Bewegung einfach, sondern das Product der Bewegung in die bewegte Masse vergleicht. Die Bewegung der Kanonenkugel,

multiplieirt mit ihrem Gewicht, ist gleich dem Gewichte der Kanone, multiplieirt mit ihrer Bewegung, und abgesehen von der Reibung am Boden und dem Widerstande in der Luft. Die auffallendste Veränderung dieser Art ist die wechselseitige Beschleunigung und Verlangsamung der Bewegung der beiden größten Planeten Jupiter und Saturn, die eine Periode von 930 Jahren hat. Die halben großen Axen (mittleren Abstände) verändern sich, aber nur innerhalb sehr enger Grenzen und so, daß durchschnittlich dennoch dieselbe große Axe für alle Zeiten besteht. — Kein Körper nähert sich ohne Aufhören dem Centralkörper oder entfernt sich in's Unendliche von ihm; man giebt daher in den Elementen die mittleren Abstände als unveränderlich an und betrachtet die stattfindenden kleinen Veränderungen als bloß partielle Störungen. — Die Richtung der Absidenlinie aller umlaufenden Körper ist veränderlich und zwar im Sinne der Zeichenfolge der Ekliptik, so daß z. B. das Aphellum der Erde, was jetzt in 280° liegt, nach Jahrhunderten in 285° u. s. w. liegen wird. — Bei unserm Monde ist diese Fortrückung eine äußerst rasche, die jährlich etwa 40 Grad beträgt. Die Lage der Knoten verändert sich im entgegengesetzten Sinne, d. h. gegen die Zeichenfolge; rascher bei den Monden, langsamer bei den Planeten und Kometen. Die Neigungen schwanken innerhalb ziemlich enger Grenzen hin und her; bezieht man sie auf die mittlere Grundebene des Sonnensystems (die nicht ganz mit der Ekliptik zusammenfällt) so können sie nur wechselseitig zu- und abnehmen, d. h. jede Zunahme der Neigung, die ein Planet in der Bahn eines andern bewirkt, führt für ihn selbst eine Abnahme herbei und umgekehrt. Für die Neigung eines jeden Planeten giebt es eine nicht zu überschreitende Grenze, und keine directe Bahn kann

retrograd werden oder umgekehrt*). Die Excentricitäten verhalten sich ähnlich: auch sie schwanken innerhalb gewisser Grenzen nach dem Princip der Gegenseitigkeit, so daß jeder Planet, der die Excentricität eines andern vermehrt, eben dadurch seine elgne vermindert sieht.

In gewissem Sinne ist die Summe der Ungleichheiten für alle Zeiten dieselbe, worunter man freilich nicht die einfach arithmetische der Excentricitäten oder Neigungen verstehen muß, sondern die Summe gewisser Producte aus Functionen derselben, so wie der Massen und großen Axen.

Alein es ist auch im Planetensysteme noch insbesondere dafür gesorgt, daß sich zu große Anomalien nirgends anhäufen können. Jupiter, der wegen seiner großen Masse (er wiegt dreimal so viel als alle übrigen Planeten und Monde zusammen genommen) die stärkste Wirkung auf die übrigen haben muß, hat einen andern großen Planeten gleichsam als Balancier erhalten, nemlich Saturn, nächst ihm der größte und ihm benachbart. Im Allgemeinen werden $\frac{19}{20}$ der Wirkungen, welche Jupiter auf die Gestaltung der Bahnen andrer Planeten ausübt, von Saturn absorbiert; nur $\frac{1}{20}$ trifft die kleineren, die ihrer geringeren Masse wegen einen größeren Nachtheil von diesen Störungen haben würden.

Die Richtungen der Rotationsaxen (in Beziehung auf den Himmel) verändern sich gleichfalls, und diese Veränderung ist mit dem bereits erwähnten Rückwärtsgehen

*) Folglich kann auch keine retrograde Kometenbahn — und etwa die Hälfte aller Kometen läuft in solchen — sich jemals in eine directe verwandeln, oder jemals direct gewesen sein; eine Schwierigkeit, die diejenigen ganz übersehen haben, welche in dem Kometen werdende oder abgestorbene Planeten erblickten.

der Knoten analog. Denn die Rotationen sind gleichfalls als Bahnen zu betrachten, nur daß bei ihnen die Elemente (die Knoten ausgenommen) wegen der Solidität des rotirenden Körpers unveränderlich sind. Die Folge dieser Richtungsänderung für die Erde ist die, daß unser Jahreszeitenwechsel sich auf ein um 20 Minuten kürzeres Jahr bezieht als das ist, was der wahre Umlauf der Erde ergeben würde. Bei allen übrigen Planeten ist diese Wirkung noch viel geringer als bei der Erde; sehr stark ist sie dagegen für unsern Mond.

Indeß ergiebt sich noch eine andre nicht zu übersehende Folge aus dieser Veränderung: die Lage der Pole am Himmel ändert sich in Beziehung auf die Fixsterne, und so werden gewissen Gegenden nach Verlauf von Jahrtausenden Sterne sichtbar werden, die es jetzt nicht sind, und umgekehrt. So werden z. B. den unter dem 50. Grad Nordbreite gelegenen Orten (wie beiläufig Mainz, Frankfurt, Bamberg, Eger, Prag) nach Verlauf von 12,800 Jahren a dato folgende ihnen jetzt sichtbare Sternbilder verschwunden sein, und nicht mehr über ihrem Horizont sich zeigen: Kompaß, Schiff, Einhorn, großer Hund, kleiner Hund, Orion, Hase, Taube, Eridanus; mit den hellen Sternen Sirius, Brocyon und Rigel, sämmtlich erster Größe. In der Zwischenzeit verschwundene und alsdann wieder sichtbar gewordene sind: Wasserschlange, Lumpstumpfe, Wolf, Centaur; darunter Alpherat als hellster Stern. Jetzt unsichtbare und in der angegebenen Zeit sichtbar gewordene sind die folgenden: Kreuz, Centaur (ganz), Wolf (ganz), Triangel, Altar, Scorpion (ganz), Schütze (ganz), Indianer, Pfau, Foucan, Phönix, Kranich. — Der Aequator des Himmels wird alsdann durch folgende Sternbilder ziehen: Jungfrau, Wasserschlange, Wolf, Scorpion, Schütze, südlicher Fisch, Wassermann, Fische, Widder, Fische, Perseus, Fuhr-

mann, Luchs, Löwe. — Als Polarstern der nördlichen Halbkugel wird zur angegebenen Epoche Wega glänzen, auf der südlichen der noch hellere Canopus. — Die Sternbilder der Ekliptik, welche jetzt unsere Winternächte zieren, werden alsdann in den Sommernächten, tief am Horizont, aufgesucht werden müssen und umgekehrt. Nach abermaligen 12,800 Jahren wird allmählig dieselbe Ordnung, welche jetzt in dieser Rücksicht besteht, wiedergekehrt sein und der Turnus aufs Neue beginnen.

Auch kleine klimatische Veränderungen werden für unsre Erde aus diesen Störungen hervorgehen und sind bereits hervorgegangen, allein, wohlgemerkt, durchaus keine solchen, welche die mittlere Wärme eines Orts auch nur um eine Kleinigkeit ändern. Wenn z. B. nach 10,500 Jahren das Aphelium der Erde, statt, wie jetzt, mitten in den Winter der Nordhalbkugel, mitten in ihren Sommer fällt, so werden die Winter um ein Geringes (höchstens $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad) strenger, die Sommer um eben so vieles wärmer werden, während auf der Südhalbkugel das Entgegengesetzte

eintritt. Die $\left. \begin{matrix} \text{Ab-} \\ \text{zu-} \end{matrix} \right\}$ nahme der Schiefe der Ekliptik

$\left\{ \begin{matrix} \text{vermindert} \\ \text{vergrößert} \end{matrix} \right\}$ die Winter- und Sommerdifferenz gleichzeitig

für beide Halbkugeln, und eben so die Ungleichheit der Tage. Eins wie das andre ist (für die Erde wenigstens) unbedeutend und überbleiß an so enorme Perioden geknüpft, daß der geringe Eindruck, den es auf die Empfindung der Menschen und Thiere machen könnte, dadurch völlig Null wird. Wir haben es in der Meteorologie mit ganz andern Abweichungen zu thun, die sich in kürzester Frist merklich machen und über deren zur Zeit noch unbekannte Ursache wir nur das Eine

gewiß wissen, nemlich daß sie in den astronomischen Verhältnissen nicht zu suchen sind.

Indeß giebt es allerdings Weltkörper, deren physische Constitution stärkeren Einflüssen unterliegt. So hat z. B. Mars jetzt auf seiner Südhalbkugel einen kurzen aber kräftig warmen Sommer und einen langen strengen Winter; die Nordhalbkugel einen längern aber kühlen Sommer und einen mildern Winter. Nach Myriaden von Jahren wird das Verhältniß sich, wie bei der Erde, umkehren, allein die Gesamtwirkung wird eine etwa sechsmal stärkere als bei uns sein.

Weit größeren physischen Anomalien sind gewiß die Kometen unterworfen, für die aber auch ein Planet überhaupt keinen Maßstab geben kann. Ihre Bahnen unterliegen (von Seiten der Planeten) den größten Veränderungen, die so weit gehen können, daß gar keine Ähnlichkeit mit den früheren Elementen übrig bleibt, ohne daß sie die geringste Rückwirkung zu äußern im Stande wären. Die Kometenbewohner, wenn es deren giebt, müssen beständig darauf gefaßt sein, in ganz andre Zustände versetzt zu werden, für welche die früheren keine Norm geben; müssen die ungeheuersten Wechsel von Wärme und Kälte, Licht und Dunkelheit in regelloser Folge dahinnehmen und demnach, wenn sie auf ein dem unsrigen nur einigermaßen analoges Dasein angewiesen wären, in beständiger und zwar gerechter Furcht schweben, was wohl dieser und jener Planet ihnen für eine neue Calamität bereiten und mit welchen Nebeln sie diese oder jene Erscheinung bedrohen möge. Doch seltsamerweise haben die Bewohner eines in voller Sicherheit schwebenden Planeten, welche eine unglückliche Melung verrathen, sich mit eingebildeten und selbstbereiteten Nebeln zu quälen und darüber häufig genug vergessen, gegen die wirklichen anzukämpfen, sich statt der dafür vielleicht nicht empfänglichen Kometenbewohner ihrerseits

geführt; man sieht nicht wohl ein, warum? — Die Kometen bestehen — wie wir aus allen Umständen schließen müssen — aus einem weder festen noch gasförmigen, jedenfalls aber so unendlich dünnen Stoffe, daß unsere Luft vielleicht millionenfach dichter ist. Trotz der wirklich ungeheuren Größe ihrer Nebelhülle und vollends ihrer Schweife, die nicht selten von einem Planeten bis zum andern reichen würden, wiegen sie so viel als Nichts, wenn man auch nur die kleinste solide Planetenkugel gegen sie in die Waagschale legt; sie können also auch nichts wirken, selbst nicht in dem (wahrscheinlich schon mehrmals wirklich eingetretenen) Falle, daß sie einen Planeten berührten*), ein Ereigniß, welches nur für den Kometen selbst gefahrdrohend ist. Der Ausdruck, zusammenprallen, von solchen Körpern gebraucht, ist jedenfalls ein sehr übel gewählter. Wäre er gasförmig (dies ist er aber nicht, er würde sonst die Strahlen der hinter ihm stehenden Sterne für unsern Anblick brechen und zum Theil absorbiren), so könnte er vielleicht die Atmosphäre durch fremdartige Beimischungen verderben; allein auch dies ist nicht zu fürchten, weder für unsere Erde, noch für irgend einen andern Weltkörper.

Ueberhaupt, betrachten wir die Vertheilung der Massen, und die Anordnung der Bahnen des Sonnensystems (und beides muß doch als etwas Arbiträres, was der Wille des Schöpfers eben so gut ganz anders hätte einrichten können, angesehen werden), so müssen wir uns sagen, daß sie deutlich die Absicht verräth, Alles zu erhalten, Nichts zu zerstören oder total umzuformen. Alle Körper, die ihrer

*) Nach Olbers Rechnung ging am 26. Juni 1819 die Erde durch den Schweif eines Kometen, den man einige Tage später erblickte.

Masse und ihrem Cohäsionszustande nach durch zu große Nähe, durch zu stark vom Kreise und der Grundebene der Ekliptik abweichende Bahnen andern Körpern Gefahr drohen könnten, sind auf regelrechte, nur innerhalb enger Grenzen veränderliche Bahnen angewiesen — „bis hierher und nicht weiter!“ Alle andern, die durch die Abnormität ihrer Bahnen erhebliche Gefahr bringen könnten, sind in einem solchen Grade arm an Masse und so gänzlich incohärent in sich, daß sie aus diesem Grunde nichts schaden können. Die verschiedenen Partialsysteme endlich sind in so große Fernen auseinander gerückt, daß Wirkungen aus dem einen in das andre hinüber beinahe durchaus verschwinden, und jeder besondere Haushalt, ohne Intervention eines fremden, seine innern Angelegenheiten selbst ordnet; eben so wie auch die Fixsterne, selbst wenn sie bedeutend größer und massenhafter als unsere Sonne wären, doch bei ihrer ungeheuern Entfernung alle und jede Wirksamkeit auf das Sonnensystem verlieren müssen. — „Gebt mir nur Materie, und ich will auch eine Welt daraus bauen,“ sagte einst einer der größten Denker, welche das vorige Jahrhundert erzeugte. Wir gehören nicht zu denen, welche in diesen und ähnlichen Aussprüchen Gotteslästerung, Atheismus und dergl. erblicken und Anklagen gegen die Philosophie darauf stützen; wir freuen uns ihrer und gestehen solchen kühnen Gedanken ihre volle Bedeutung und Berechtigung gern zu, was jedoch den angeführten betrifft, so haben wir zu erinnern, daß allerdings unzählich viele andre Anordnungen der Massen und Bewegungsrichtungen möglich sind, bei denen das Sonnensystem Millionen von Jahren dauern könnte, daß aber die gegenwärtig bestehende, wenn man möglichst größte Stabilität als Hauptzweck setzt, schwerlich von irgend einer andern erreicht, oder gar übertroffen werden möchte.

Noch höher aber muß unsere Bewunderung steigen, wenn wir wahrnehmen, wie, ungeachtet des so unverkennbaren Einwirkens auf ein Hauptziel, doch die Einförmigkeit durchaus vernieden ist. Bei allen uns nur einigermaßen näher bekannten Körpern treffen wir auch auf irgend eine nur ihm zukommende Eigenthümlichkeit; nirgends hat die Natur sich copirt; jeder große und kleine Weltkörper ist ein in sich selbstständiges Individuum, und dennoch besteht zwischen ihnen allen eine einfache, vollkommene, ewige Harmonie.

X.

Die Schwingungen des Wendels.

Dem ersten Anschein nach haben die Bewegungen eines Körpers, der frei an einem Faden aufgehängt wird, nichts mit dem Himmel zu thun, und in der That mochten die ersten Physiker, welche Beobachtungen dieser Art anstellten, noch keine Ahnung haben, von welcher Wichtigkeit sie einst werden könnten. Gleichwohl ist es nicht schwer, den nothwendigen Zusammenhang dieser Untersuchungen mit den eigentlich astronomischen auch selbst dem Laien darzuthun. Der Fall der Körper senkrecht zur Erdoberfläche ist eine Wirkung der allgemeinen Schwere, und zwar eine solche, welche wir ihrer Größe nach bestimmen können. Dadurch wird sie vergleichbar mit anderen Wirkungen derselben Grundkraft, insofern sie der Erde inhärrt, zunächst also mit der anziehenden Wirkung der Erde auf den Mond, und das Resultat dieser Vergleichung war bekanntlich die erste Thatfache, welche Newton zur Ermittlung des Gesetzes der Schwere diente. Ohne diesen Umstand dürfte nicht allein die Aufindung eines wichtigen Theorems sich länger hinaus-

Mädler, Astronomische Briefe. 9

geschoben haben, sondern auch die Identität des Gesetzes, nach welchem die Weltkugeln rollen, mit dem, wonach der Apfel vom Baume fällt, wäre nur sehr schwer zu constatiren gewesen. Hätte die Erde, wie so viele andere Planeten, keinen Mond, so würden wir vielleicht heut noch nichts von jenem Zusammenhange mit Sicherheit wissen. Aber wir können, nachdem er einmal festgestellt ist, noch viel weiter gehen. Während nemlich die Himmelserscheinungen von uns nicht willkürlich herbeigeführt, sondern nur wahrgenommen werden können, wann, wo und wie sie sich bieten, kann der Fall der Körper von uns als ein Experiment behandelt und im Einzelnen nach Belieben abgeändert werden; wir sind weder der Zeit noch dem Orte nach erheblich beschränkt und können günstige Umstände beliebig herbeiführen, ungünstige entfernen und vermeiden, wenigstens bis auf einen gewissen Punkt. Dadurch aber wird diese terrestrische Astronomie fähig, Resultate von bedeutend größerer Genauigkeit und Sicherheit zu liefern, als außerdem zu erhalten gewesen wären.

Allein diese Genauigkeit würde gleichwohl nicht erreicht werden können, wollte man die Länge des Raumes, durch welchen ein Körper in einer gegebenen Zeit fällt, oder auch umgekehrt die Dauer der Zeit, welche ein Körper gebraucht, um einen gegebenen Raum freifallend zu durchmessen, direct beobachten, weshalb auch in der That nur wenige Beobachtungen dieser Art angestellt sind. Da nun aber die analytische Mechanik uns folgenden Satz aufstellt: „die Länge eines Pendels, welcher Secunden schlägt, verhält sich zum Raum, durch welchen der Körper in der ersten Secunde fällt, wie das Quadrat des Durchmessers eines Kreises zum halben Quadrat seiner Peripherie, so können wir statt der unsicheren Fallbeobachtungen die einer ungemein hohen Genauigkeit fähigen Pendelbeobachtungen substituiren und diese aus jenen herleiten.

Das angeführte Gesetz gilt indeß seiner Strenge nach nur dann, wenn sowohl der Fall des Körpers als die Bewegung des Pendels im luftleeren (und überhaupt absolut leeren) Raume erfolgt, und überdies das Gewicht des Pendelfadens gleich Null ist — unerfüllbare Bedingungen, die aber der Genauigkeit unserer Versuche keinen Eintrag thun, sondern nur Verbesserungen nöthig machen, denen die Rechnung vollständig Genüge leistet.

Ein wichtiger und für die Zwecke unserer Pendelbeobachtungen sehr günstiger Umstand ist der, daß alle Körper, wie verschieden auch ihre Structur, ihre chemische Zusammensetzung, ihr specifisches und absolutes Gewicht und ihre äußere Gestalt immer sein mögen, sich doch in Beziehung auf ihre Schwingungsdauer und folglich auch auf die Fallräume ganz gleich verhalten. Die Theorie der Schwerkraft ließ dies allerdings erwarten, und die Erfahrung hatte es auch insofern bestätigt, daß sie zeigte, die verschiedenen Planeten und Kometen verhielten sich in dieser Beziehung (dem Fall zur Sonne) gleich, und die Größe der Schwerkraft mußte also hiernach auch nur abhängen von der Masse der Erdkugel und von der Entfernung des angezogenen Körpers von ihrem Mittelpunkt, nicht aber von der Masse dieses Körpers selbst. Da indeß alle unsere Naturgesetze in letzter Instanz sich doch nur auf Beobachtungen gründen, so kann es auch in keinem Falle als überflüssig erscheinen, sie, wo es angeht, auch durch directe Beobachtungen zu prüfen. Solche Beobachtungen nun besitzen wir bereits von Newton selbst, die aber noch nicht so genau sein konnten, um sehr kleine Unterschiede als nicht vorhanden darzuthun. Er nahm bei seinen Versuchen hohle Holzkugeln und verschloß in diese nach und nach verschiedene Substanzen, nemlich Gold, Silber, Blei, Glas, Sand, Kochsalz, Wasser, Weizen und Holz, in solchen Quantitäten ausgewählt, daß sie sämmtlich gleiches Gewicht

hatten. Diese verschiedenen Körper ließ er nun an der gleichen Pendellänge und dem gleichen Apparat schwingen und erhielt für sie die gleiche Schwingungszeit, die also von dem specifischen Gewicht der angewandten Substanzen unabhängig war. Die Genauigkeit dieser Versuche schätzt Newton selbst auf ein Tausendtheil der Pendellänge. Man konnte also noch immer nicht gewiß wissen, ob nicht Unterschiede, die weniger als eine halbe Linie betragen, gleichwohl vorhanden sind. Bessel wiederholte die Versuche mit einem Apparat, der zu der Hoffnung berechtigte, die Genauigkeit noch ungleich weiter zu treiben. Nicht allein waren alle Vorrichtungen so getroffen, daß die wirkliche Länge des Pendels mit höchster Genauigkeit gemessen werden konnte, sondern es wurde auch der Einfluß der Wärme, des Luftwiderstandes, der nicht völlig regelmäßigen Figur der Körper und ähnliche Umstände aufs strengste ausgemittelt und berücksichtigt. Auch wandte Bessel zwei Pendel, die genau um eine Linie verschieden waren, gleichzeitig an; und endlich verband er mit diesen Messungen genaue Zeitbestimmungen. Die angewandten Substanzen waren: Gold, Silber, Blei, Eisen, Zink, Messing, Marmor, Ison, Quarz, Wasser, Meteorstein. Die beiden letzteren Körper wurden deshalb gewählt, weil sie möglicherweise ihrem Ursprunge nach unserer Erde nicht angehören, und weil es in diesem Falle von Wichtigkeit war, zu untersuchen, ob in der Anziehung ein — wenn auch vielleicht sehr geringer — Unterschied zwischen terrestrischen und nicht terrestrischen Massen bestehe. Statt der Holzkugel Newton's wählte er einen hohlen Cylinder von Messing und schloß die Körper darin ein.

Bei den damit angestellten Versuchen ergab keiner der angewandten festen Körper eine Abweichung vom Resultat, die mehr als den fünfundsechzigtausendsten Theil desselben betragen oder $\frac{1}{150}$ Linie überstiegen hätte; nur

allein für Wasser ergab sich eine etwas größere, die bis auf den elftausendsten Theil des Ganzen ging ($\frac{1}{26}$ Linie), die sich aber wohl durch die Bewegung der einzelnen Wassertheilchen, in die sie in Folge der Schwingung gerathen mußten, genügend erklärt. Abweichungen von $\frac{1}{65,000}$ sind nun aber so unerheblich, daß man sich eher wundern muß, nicht beträchtlich größere Fehler anzutreffen; überdies aber kommen sie ebenso gut vor, wenn man mehrere Versuche mit der gleichen Substanz, als wenn man verschiedene unter sich vergleicht. Der oben ausgesprochene Satz ist also wohl überzeugend dargethan. Alle Verschiedenheiten der Fallgeschwindigkeit hängen nur vom Widerstande der Luft ab, und dieser ist natürlich größer bei leichteren als bei schwereren Körpern; im luftleeren Raume dagegen fällt die Gold- und Platinakugel genau ebenso schnell zu Boden, als ein Blättchen Papier oder eine Flaumfeder.

Dies Resultat ist höchst wichtig. Denn da wir die besonderen Bestandtheile der fremden Weltkörper in keiner Weise erforschen können, so würde, falls das Ergebnis der Bessel'schen Versuche ein anderes gewesen wäre, die Anziehung, welche ein Körper von einem anderen erfährt, nicht ferner mit Sicherheit aus der Masse und Distanz des letztern allein berechnet werden können, und es hätte uns überall das dritte Rechnungsdatum gefehlt. Astronomische Beobachtungen aber hätten eine solche Genauigkeit nur in sehr wenigen Fällen erreichen können, und gerade in denjenigen Fällen nicht, durch welche hier eine Entscheidung möglich gewesen wäre.

Wenn wir also sonst in allen entscheidenden Fällen die Erde am Himmel messen, ist hier umgekehrt der Himmel an der Erde gemessen, d. h. eine sichere Grundlage für kosmische Verhältnisse durch ein sinnreiches terrestrisches Experiment erhalten worden.

Dieselben Beobachtungen haben nun auch die absolute Länge des Pendels, der Secunden schlägt, mit einer Schärfe ergeben, die keine auf $\frac{1}{1000}$ steigende Unsicherheit mehr zuläßt, was bisher nur allein durch diesen Apparat erreicht worden ist. Bessel findet diese Pendellänge

für die Königsberger Sternwarte . . 440,8154 Linien,
für die Berliner Sternwarte 440,7354 "

Die Differenz von $\frac{2}{100}$ Linien rührt von der verschiedenen Polhöhe beider Orte, zum Theil auch von der verschiedenen Erhebung über der Meeresfläche her. Ähnliche Beobachtungen haben ergeben, daß jene Länge

am Aequator 439,258 Linien,
an den Polen 441,562 "

betrage, wobei freilich nur die eine dieser Größen direct beobachtet werden kann; die andere dagegen durch Rechnung aus solchen geschlossen werden muß, die man möglichst nahe beim Pole angestellt hat.

Der Fall der Körper in der ersten Secunde ist also

am Aequator 15,054 Par. Fuß,
an den Polen 15,132 " "

oder die Schwerkraft ist an den Polen $\frac{1}{193}$ größer als am Aequator; eine Folge der Abplattung (vermöge welcher die Körper an den Polen näher dem Mittelpunkte der Erde liegen) und des Rotationschwunges (der der Schwere entgegenwirkt und sie folglich vermindert; an den Polen gar nicht, am Aequator am meisten). Da nun die Abplattung selbst ebenfalls nur eine Folge des Rotationschwunges und letzterer ganz genau bekannt ist, so kann man auch die Abplattung der Erde direct aus den Pendelbeobachtungen berechnen und man erhält durch sie im Allgemeinen dasselbe Resultat, wie aus den Gradmessungen selbst. Es giebt aber noch einen dritten unabhängigen Weg, die Abplattung zu bestimmen. Offenbar ist nemlich die Anziehung einer homo-

genen Kugel nach allen Richtungen hin gleich; nicht so die eines Sphäroids. Da sich nemlich bei einem solchen unter dem Aequator (bis zum Mittelpunkt hin) mehr Masse als unter den Polen befindet, so wird es auf gleiche Distanz nach der Ebene des Aequators hin mehr als in der Richtung der Pole wirken. Ein Mond also, der in ersterer Ebene liefe, würde stärker angezogen, als ein anderer in gleicher Entfernung, aber in der Richtung des Meridians umlaufender. Folglich wird auch unser Mond, wenn seine Bahn der Ebene des Aequators näher liegt (wie 1847 und 1866) stärker angezogen, als wenn er sich weiter von dieser Ebene entfernt (wie 1838 und 1857). Der Unterschied beider Anziehungen hängt, wie man leicht sieht, von der Größe des Neigungs-Unterschiedes (die genau bekannt ist) und von der Abplattung ab; Beobachtungen des Mondlaufes also werden ein Mittel sein, die Abplattung zu berechnen, und man erhält auch auf diesem Wege ein Resultat, welches mit den aus den Pendelbeobachtungen und Gradmessungen genügend übereinstimmt.

Die Harmonie der aus der Mondstheorie abgeleiteten Abplattung mit der, welche aus den Pendellängen gefolgert wird, beweist, daß in beiden Fällen dieselbe Kraft wirksam sei, und die Uebereinstimmung beider mit den directen Messungen, daß das Gesetz der Kraft, wie wir es aufstellten, richtig sei. Und endlich erfahren wir aus dem Obigen, daß die in Rede stehende Kraft für alle Arten von Körpern die gleiche Größe habe. Vor den eben erwähnten Versuchen waren diese drei wichtigen Sätze nur wahrscheinliche Hypothesen; jetzt sind sie positiv gewisse Wahrheiten.

Aber das Pendel wird uns noch weiter führen. Bei der ungemeinen Genauigkeit, deren diese Versuche fähig sind, kann man durch sie auch die absolute Dichtigkeit unserer Erde bestimmen. Directe Wägungen vermögen dies nur für

den und erreichbaren Theil der Erdrinde, der aber noch nicht den tausendsten Theil des gesammten Erdbörpers ausmacht, und wir können von diesem geringen Theile um so weniger auf das Ganze schließen, als anderweitige Gründe genug vorhanden sind zu der Vermuthung, daß das Innere der Erde eine von der Rinde sehr verschiedene Dichtigkeit habe. Allein wenn wir das Pendel in die Nähe solcher Massen bringen, die, wenn gleich zum Erdganzen gehörig, doch außerhalb ihrer regelmäßigen Figur liegen (Berge), oder auch von ihr getrennt sind (künstliche Kugeln), so werden diese ihrerseits eine Anziehung ausüben, welche sich bei zweckmäßiger Anordnung des Versuchs als getrennt von der Erdanziehung darstellen läßt, folglich durch Rechnung mit letzterer verglichen werden kann. Freilich wird auch selbst der höchste Berg dem Volumen und der Masse nach gewiß um viele Millionen Mal kleiner als die Erde sein; allein da er zugleich dem Pendel vielmal näher ist als der Mittelpunkt der Erde, so ist der Unterschied beider Anziehungen zwar noch immer sehr groß, aber doch nicht so ungeheuer, als es auf den ersten Anblick scheinen möchte. Wenigstens haben die sogleich anzuführenden Erfahrungen dargethan, daß es sehr sorgfältigen Beobachtungen gelingt, die Unterschiede mit hinreichender Sicherheit wahrzunehmen.

Man kann entweder

1) Das Pendel zur Seite eines Berges aufstellen und beobachten, um wieviel es von dem Berge aus seiner normalen Richtung zur Seite hin abgelenkt wird, was am besten geschieht, wenn man einen isolirten Berg wählt und zu beiden Seiten desselben Pendel aufstellt (die Stelle des directen Pendels kann hier auch durch eine Wasserwaage ersetzt werden); oder

2) das Pendel auf die Spitze eines Berges bringen und beobachten, wieviel Schläge es in einer gewissen Zeit

(z. B. im Laufe eines Tages) mehr macht, als es in derselben Höhe, aber ohne den Berg, gemacht haben würde; was durch Rechnung ermittelt werden kann; oder endlich

3) kann man die Pendelschwingung, welche die Erde veranlaßt, dadurch neutralisiren, daß man es in einer wagerechten Ebene beweglich macht, es also nicht aufhängt, sondern auflegt, wobei ihm aber wie einer Compagnadel jede wagerechte Bewegung ungehemmt sein muß; und sodann eine große Masse in seine Nähe und in dieselbe Ebene bringt, gegen welche Masse es alsdann gravitirt. Man wird, um in dieser Masse ein Gleichgewicht zu erzeugen, das Pendel zweiarmig und vollkommen symmetrisch machen, also an jedes Ende der Pendellänge eine Kugel setzen und ebenso für jede derselben eine besondere anziehende Masse aufstellen, so daß Alles in Symmetrie und das Pendel wie ein in der Mitte unterstützter Wagebalken gedacht werden muß.

Die erste Methode ist an den peruanischen Anden und an dem Berge Chehallion im nördlichen England versucht worden; die zweite auf dem Berge Viso in den cottiſchen Alpen, die dritte endlich zuerst von Cavendish, später von Reich in Freiberg und endlich vor Kurzem in England von Baile, der mehr als 2000 Versuche angestellt hat.

Am besten stimmen die Resultate der dritten Methode. Zwar steht sie, was die Größe der wirksamen Massen betrifft, in starkem Nachtheil gegen die beiden ersteren; allein einerseits ist bei diesen Massen eine ganz genaue Wägung und Messung ausführbar, während bei einem Berge dies nur annähernd geschehen kann, und zweitens wird das, was man sucht, bei der letzteren Methode direct gefunden, während es bei den beiden erstern aus Unterschieden geschlossen werden muß. Die Dichtigkeit der Erde im Mittel beträgt:

nach Cavendish	5,48
nach Reich	5,44
nach Bailly	5,67

welche letztere Zahl wohl die genauere ist. — Aus den beiden ersten Methoden erhält man 4,7 bis 4,9. (Das specifische Gewicht des reinen Wassers ist hierbei wie gewöhnlich als Einheit angenommen.)

Die Dichtigkeit des Erdkörpers hält also etwa das Mittel zwischen den erdigen und metallischen Körpern, und da sie von der Oberfläche nach dem Innern zu dichter wird, so kann man annehmen, daß die Erdrinde vorzugsweise aus erdigen, die um das Centrum gelagerten Massen dagegen überwiegend aus regulinisch = metallischen bestehen. Das absolute Gewicht der Erde läßt sich hiernach ebenfalls berechnen, und man findet $13\frac{1}{2}$ Quadrillionen Pfund. Auf dieser Grundlage kann man sodann weiter das Gewicht der Sonne ($4\frac{1}{2}$ Quinquillionen Pfund), sowie der Planeten und Monde berechnen, während uns die astronomischen Beobachtungen nicht diese Größen selbst, sondern nur ihr Verhältniß zu einander, geben können.

Da übrigens ein Pfund und ein Planet doch gar zu verschiedene Dinge sind und die hier beispielsweise aufgeführten Zahlen unsere Vorstellungskraft übersteigen, so kann man statt ihrer auch das specifische Gewicht suchen; man findet für die Sonne 1,43, für den Mond 3,44, für Saturn 0,79 u. s. w.

In Beziehung auf die beiden ersten Methoden ist noch zu erwähnen, daß es keinesweges absolut notwendig ist, eine Masse zu wählen, welche als Berg über die mittlere Erdoberfläche hervorragt. Auch in freier Ebene, wenn der Boden weit herum aus viel schwereren Massen besteht, muß das Pendel schneller schwingen. So in der Gegend von Porto Ferrajo auf Elba, wo der Boden fast ganz aus Eisen

besteht. Ja in den obern Zimmern großer Blei- oder Eisenmagazine kann man an genauen Pendeluhrn diese Beschleunigung schon wahrnehmen. So könnte das Pendel mit der Zeit ein Mittel werden, die Ungleichheiten der Dichtigkeit des Bodens im Allgemeinen kennen zu lernen und einen vorläufigen Aufschluß über das zu geben, was man bei Nachgrabungen in der Tiefe zu erwarten hat.

Man könnte noch fragen, ob es keinen Unterschied mache, wie weit das Pendel ausschwinke. Die theoretische Untersuchung zeigt nun, daß, wenn es eine Cykloide (Mablinie) beschriebe, auf die Weite des Bogens gar nichts ankäme, daß aber, wenn der Schwingungsbogen einer andern Curve (also z. B. dem Kreise) angehört, dies nicht in aller Strenge der Fall sei. Vielmehr erfordert eine Schwingung um desto längere Zeit, je größer der beschriebene Bogen und je bedeutender zugleich die Abweichung dieses Bogenstücks von einer Cykloide ist. Man hat es nun in der That versucht, die Aufhängung des Pendels so einzurichten, daß es eine Cykloide beschreiben muß, und diese Versuche sind nicht ganz fehlgeschlagen. Allein sie führen nicht nur auf eine in der Ausföhrung sehr schwierige Vorrichtung, sondern auch zu anderweitigen Unbequemlichkeiten und selbst Ungenauigkeiten, weshalb man bisher noch immer das im Kreise schwingende Pendel vorgezogen hat, zumal die Rechnung hier vollständig ausbelfen kann. Uebrigens läuft das Ganze auf sehr feine Unterschiede hinaus. Bei einem Schwingungsbogen von 1 Grad nach jeder Seite wird die anzubringende Correction $\frac{1}{32530}$, bei 3 Grad $\frac{1}{5837}$. Noch weitere Bögen aber wird man das Pendel nicht leicht schwingen lassen und so entgeht man durch eine leichte und sichere Correction jenen unvergleichbar größeren technischen Schwierigkeiten.

Der Gebrauch des Pendels als Regulator der Uhren ist ein glücklicher Gedanke des genialen Huygens. In der

That ist er zugleich das einfachste und genaueste Mittel, sich des richtigen und gleichförmigen Ganges der Uhren zu versichern. Wäre die Anwendung dieses Mittels auch zur See und überhaupt auf Reisen möglich, so würden die Künstler und Gelehrten eine große Anstrengung erspart haben, und das Parlament von Großbritannien hätte nicht 20,000 Pfund für die Bestimmung der Seelänge ausgelegt. — Richtet man die Uhr so ein, daß das Pendel gleich weit ausschwingt, so wird auch die Correction wegen der Schwingung constant und kann ein für allemal dadurch berücksichtigt werden, daß man die Länge des Pendels um eine Kleinigkeit vermindert. Allein diese Länge ist selbst wegen der verschiedenen Wärme veränderlich, und man hat mancherlei Mittel angewandt, diese Ungleichheit wieder aufzuheben. Eines derselben besteht darin, statt einer Kugel oder einer Scheibe ein cylindrisches mit Quecksilber gefülltes Gefäß schwingen zu lassen. Steigt nun die Wärme, so wird die Pendellänge länger werden, gleichzeitig aber das Quecksilber sich ausdehnen und im Cylinder steigen, folglich sein Schwerpunkt hinauf gehen und dadurch die effective Länge des Pendels verkürzen. Da man es nun in seiner Gewalt hat, die Quantität des Quecksilbers beliebig zu verändern, so kann man sie auch leicht so wählen, daß bei jeder Temperatur Verlängerung und Verkürzung einander gerade aufheben. Auch kann man eine Verbindung von Pendellängen aus verschiedenen Metallen herstellen, in der die Ausdehnungen einander stets das Gleichgewicht halten (das sogen. Rostpendel). Der Widerstand der Luft endlich würde constant sein und folglich ein für allemal an der Pendellänge als Correction angebracht werden können, wenn die Luft stets die gleiche Dichtigkeit hätte. Da dies aber nicht der Fall ist, so wird auch eine kleine vom Barometerstande abhängige Ungleichheit übrig bleiben, für welche eine mechanische Compensation nicht an-

gebracht werden kann, und wofür die Rechnung ausbelfen muß. Zufällige Erschütterungen, Zugluft, ungleiche Erwärmung der einzelnen Theile, starke Feuchtigkeit u. dgl. müssen vermieden werden; die Uhr muß also im umschlossenen Raum, an festen Pfeilern, im Schatten stehen, und noch manche andere Vorsticht, die sich bei aufmerksamer Betrachtung von selbst ergibt, angewandt werden.

Auch wird aus den oben angeführten Gründen eine Uhr, welche für einen gewissen Ort regulirt ist, nur für diesen (und für alle andern unter gleicher Breite und Meereshöhe) ohne Weiteres brauchbar sein, für jeden andern aber erst einer weitem Correction der Pendellänge bedürfen, deren Vernachlässigung in den äußersten Fällen Unterschiede bis auf 4 Minuten im täglichen Gange verursachen kann.

Da die Pendelschwingungen auch von der Wärme abhängig sind und einer Compensation bedürfen, um gleichförmige Zeit anzuzeigen, so ist man auf den Gedanken gekommen, durch ein Pendel ohne Compensation umgekehrt die Wärme zu bestimmen. Die Temperatur kann nemlich füglich nur für einzelne bestimmte Momente am Thermometer abgelesen werden; man wünscht aber die eigentliche Mitteltemperatur, d. h. den Durchschnitt aller in jedem Moment stattgefundenen Temperaturen zu kennen, und hierzu schlug Karsten das nicht compensirte Pendel vor, vorausgesetzt, daß es mit einem richtig compensirten oder noch besser mit dem Himmel selbst fortwährend verglichen werde. Einer wirklichen Anwendung dieses Mittels stehen indeß mehrfache Schwierigkeiten entgegen. Man würde erstens immer nur die Temperatur eines zwar ungeheizten, aber doch umschlossenen Raumes erhalten, da ein ganz im Freien schwingendes Pendel kein irgend brauchbares Resultat geben, vielmehr sehr bald verderben würde. Es würden ferner die übrigen Ungleichheiten, z. B. die vom Barometerstande und

der verschiedenen Luftfeuchtigkeit herrührenden, sich mit den durch die Wärme erzeugten vermischen, ohne daß wir die Mittel besäßen, sie sicher zu trennen. Endlich aber müßten die Ausdehnungs-Coefficienten der anzuwendenden Metalle weit genauer bestimmt sein, als bis jetzt geschehen und als es vielleicht überhaupt möglich ist, da im Gegentheil Erfahrungen vorhanden sind, die für eine beträchtlich ungleiche Ausdehnung verschiedener Stücke eines und desselben Metalles zu sprechen scheinen. Hiernach ist nicht zu erwarten, daß das Pendel zu den großen und wichtigen Diensten, die es der Naturforschung geleistet hat, auch noch diesen hinzufügen werde.

Fragen wir uns nun schließlich, durch welche äußern Mittel der menschliche Geist in den letzten Jahrhunderten das Universum erforscht habe und täglich tiefer erforsche, so finden wir — eine Stange Stahl, ein Stückchen Glas und einen Spinnenfaden!

XI.

Die geographischen Ortsbestimmungen.

Schon dem entfernten Alterthume war es klar geworden, daß eine Erdkunde, die nicht bloß auf die allernächsten Umgebungen sich beschränken, sondern ihren Namen in umfassenderem Sinne rechtfertigen wolle, nur möglich sei durch Himmelskunde. Von der Erde überschauen wir gleichzeitig nur einen gegen das Ganze völlig unbedeutenden Raum; vom Himmelsgewölbe die volle Hälfte, ja in günstig gelegenen

Erdstreichen schon im Laufe einer einzigen Nacht das Ganze. Der Aufgang und Niedergang der Sonne war es, wonach zuerst die allgemeinsten Richtungen auf der Erde bezeichnet und benannt wurden; Mittag und Mitternacht kamen später hinzu und bildeten die Grundlage der Windrose. Damit war auch der erste Begriff von Parallelen und Meridianen gegeben, selbst bevor noch die Erde als eine Kugel anerkannt war. In der That begegnen wir dieser letztern Meinung anfangs nur als einer philosophisch-speculativen Ansicht, auf nichts gegründet als auf die Bemerkung, daß die Kugel die einfachste aller Formen sei; denn z. B. von der Kugelgestalt der Sonne und des Mondes auch auf die der Erde zu schließen, konnte denen nicht einfallen, die sich die Erde als das Weltganze, und Sonne und Mond sammt den übrigen Gestirnen nur in den obern Lüften schwimmend dachten. Die Säulen des Hercules in Westen, Indien in Osten, Thule in Norden und Aethiopien in Süden — dies waren die noch halb fabelhaften Grenzen der Welt, und so wenig man auch über ihre wahre Entfernung Sicheres anzugeben wußte, war doch so viel bekannt, daß die Erstreckung in der Richtung des Parallels größer sei, als in der der Meridiane. Dies ward Veranlassung, jene erstere als Länge, letztere als Breite zu bezeichnen.

Die erste einigermaßen bestimmte Idee eines Gradnetzes, in welchem die einzelnen Orte der Erde nach Länge und Breite ihren Platz finden, also eine Landkarte im heutigen Sinne des Wortes, treffen wir bei Eratosthenes, womit nicht geleugnet werden soll, daß nicht auch schon frühere Versuche gemacht worden seien, kleinere und größere Landstriche darzustellen. Was man dagegen über uralte — und nach Bailly's mit großem Aufwande von Gelehrsamkeit dargelegter Meinung sogar höchst genaue — Messungen des Erdkörpers gesagt hat, entbehrt jedes haltbaren Grundes. Seit

man die Kugelgestalt der Erde voraus, so wird man den Breitenunterschied zweier Orte auf der Erdoberfläche durch die Differenz der Höhe irgend eines Gestirns im Meridian dieser beiden Orte erhalten. Verbindet man mit dieser Wahrnehmung eine directe Messung auf der Erde selbst, so erhält man die Entfernung dieser — als unter gleichem Meridian liegend angenommener — Orte in einem bekannten lineären Maße, und folglich, durch Verbindung beider Daten, auch den Umfang der Erdoberfläche. — Dies war der Gedanke des Eratosthenes, und dies ist noch heut das Grundprincip unserer so sehr verfeinerten Erdmesskunst. Es handelt sich also bei Vergleichung der ältern und neueren Arbeiten nur darum, die Mittel kennen zu lernen, durch welche man diese beiden Data zu erlangen suchte.

In Bezug auf den astronomischen Theil der Arbeit standen den Alten nur sehr rohe Hilfsmittel zu Gebote. Durch die Größe des von einem senkrechten Stift geworfenen Schattens erhält man den Abstand der Sonne vom Zenith in Graden des größten Kreises, und ist gar kein Schatten vorhanden, so steht die Sonne im Zenith selbst. Beobachtet man also an demselben Tage an zwei unter gleichem Meridian gelegenen Orten diesen Schatten zur Zeit der Culmination der Sonne, so erhält man ihren Breitenunterschied. — Beobachtet man, wie hoch sich ein Stern über den Horizont eines Ortes erhebe, und sucht man einen anderen Ort auf, wo derselbe Stern gar nicht mehr eigentlich aufgeht, sondern den Horizont nur so eben berührt, so wird man auch dadurch den Breitenunterschied erhalten. Die Unsicherheiten beider Methoden sind indeß sehr groß; im ersten Falle haben wir es mit einem stark verwaschenen Ende des Schattens zu thun; bei der letzteren Methode dagegen wird die Refraction — von der überdieß die Alten bis auf Cleomedes nichts wußten — noch nachtheiliger einwirken.

Noch übler jedoch stand es um den geodätischen Theil der Arbeit; hier hatte man statt aller Messungen nur die Zeit, welche eine Land- oder Seereise erforderte, und dabei mangelte noch die Gewißheit, daß beide verglichene Orte unter demselben Meridian, oder wenn dies nicht, unter welchem Azimuth der eine vom andern aus läge. Die Größe der Erde, mithin auch der Werth eines Grades, konnte so nur höchst beiläufig erhalten werden. Unter diesen Umständen dürfen wir uns nicht wundern, wenn die größtentheils von Seefahrern herrührenden Breiten um 2—3, ja bis zu 5 Graden Fehler haben, während an solchen Orten, wo man sorgfältig Beobachtungen wiederholt anstellte, allerdings eine Genauigkeit, die bis auf wenige Minuten ging, erhalten werden konnte. Alexandria's Museum und Pytheas Wohnung in Marseille mögen als Beispiel dienen. Man beobachtete die Höhe der Sonne am längsten und am kürzesten Tage, das Mittel aus beiden gab die Höhe der Sonne im Aequator, und diese, von 90° abgezogen, die Breite des Ortes. Ein Theil der Ungewißheit hebt sich dadurch schon auf, die öftere Wiederholung verminderte den Einfluß der Fehler, und wenn man, wie in Alexandrien, sich zur Bestimmung der Höhen nicht des Schattens, sondern sorgfältig eingetheilter Kreise bediente, so mußte die Sicherheit noch bedeutend zunehmen. So sehen wir, daß man in der alexandrinischen Periode die wichtigeren Punkte des Mittelmeeres der Breite nach schon ziemlich gut kannte, und daß die Karten sich von den heutigen genaueren auf den ersten Anblick nicht sehr unterscheiden würden, hätte man auch die Längen ebenso genau bestimmen können.

Damit steht es aber sehr mißlich aus. Die Meridiane der Erde sind in Bezug auf die Phänomene des Himmels nur allein der Zeit nach verschieden und sonst einander völlig gleich. Weber die Auf- und Niedergänge der Sterne, Wabler, Astronomische Briefe.

wie sie das alte Griechenland beobachtete, noch die Meridian-Durchgänge derselben, die man in Alexandrien wahrnahm, vermochten über die Längenunterschiede einen Aufschluß zu geben. An eine Vergleichung durch Uhren, wie heutzutage, war damals nicht zu denken; daß Mond- und Sonnenfinsternisse ein geeignetes Mittel seien, sah man wohl nach und nach ein, der Anwendung dieses Mittels stellten sich jedoch damals fast unbesiegbare Schwierigkeiten entgegen; Sternbedeckungen und Jupiter-Trabanten aber bedürfen der Ferngläser. Welches Mittel man aber auch anwenden wolle, stets wird bei Längenbestimmungen eine Verabredung mindestens zweier an entfernten Punkten befindlicher Beobachter erfordert, während die Breite unabhängig von nur einem bestimmt werden kann.

Nun aber kann man, unter Voraussetzung einer bekannten Gestalt und Größe der Erdoberfläche, sowohl Längen- als Breitenunterschiede auf rein geodätischem Wege bestimmen. Aus der bekannten Größe eines Grades der Breite findet sich auch, wenn die Breite selbst gegeben ist, der eines Grades der Länge, und eine directe Messung in der Richtung eines Parallels kann also den Längenunterschied ohne Zugiehung des Himmels finden lassen. Aber da man auch hier nichts als die Aussagen der Seefahrer, und für kleinere Distanzen auch der Landreisenden, über die Zeit, welche man zur Zurücklegung eines Weges gebraucht, und andererseits nur die nach dem Obigen höchst dürftige Kenntniß der Erbdimensionen zum Grunde legen konnte, so darf es nicht verwundern, wenn die von dem Meridian von Alexandrien oder Rhodus gezählten östlichen oder westlichen Längen an den äußersten Grenzen der bekannten Welt um 20 — 30 Grade fehlerhaft angegeben waren, wie denn namentlich Indien und Taprobane viel zu weit nach Osten gerückt war. Diese alten Vorstellungen von der ungeheueren Ausdehnung

Asiens gegen Osten leiteten noch einen Columbus irre, indem er glaubte, jene Länder reichten um den größten Theil der Erdoberfläche herum und seien also auf westlichem Wege viel näher und in kürzerer Zeit zu erreichen, wie er denn bis an das Ende seines Lebens der Meinung war, daß er nicht einen neuen Welttheil, sondern einen neuen Weg nach dem alten Indien gefunden habe.

Die erste geschichtlich beglaubigte wirkliche Messung eines Erdgrades ist die, welche die arabischen Geometer auf Almamum's Verordnung in der Ebene von Sinear ausführten.

Wir haben keine hinreichend bestimmten Nachrichten über die Länge des angewandten Maßes, um über die Genauigkeit der Messung ein richtiges Urtheil gewinnen zu können; einigermaßen ist dies dadurch möglich, daß die beiden Parteien, in welche Almamum sein gelehrtes Collegium getheilt hatte, und deren eine nach Norden, die andere nach Süden zu maß, resp. 56 und $56\frac{2}{3}$ arabische Meilen als Länge eines Grades gefunden hatten.

Unsere Hauptabsicht geht dahin, eine möglichst vollständige Zusammenstellung der Methoden zu geben, welche man seit Wiedererweckung der Wissenschaften in Europa zur Ermittlung der Breiten und Längen, sowie der Erdgestaltung eingeschlagen hat und gegenwärtig einschlägt, da wir dafür halten, daß es für Jeden, der eine Karte braucht, von Wichtigkeit sei, zu erfahren, auf welche Weise sie entstanden ist, und welche wissenschaftliche Gewähr sie bietet. Wir werden uns dabei der Zeichensprache sowie durchgeführter Rechnungen enthalten, da es für den tiefer Eingehenden an Werken dieser Art keinesweges fehlt.

Die Breitenbestimmungen, welche die Astronomie der Geographie lehrt, zerfallen in zwei Hauptklassen: entweder setzt man die Declinationen der anzuwendenden

Gestirne als bekannt voraus oder nicht. Nur feste Sternwarten vermögen das Letztere. Zu diesen astronomischen Bestimmungen treten noch als dritte Hauptklasse rein geodätische, die aber nicht absolute Breiten, sondern nur Breiten-differenzen liefern können.

Wenn man keine bereits bekannten Sterndeclinationen, überhaupt nichts, als die einfache Thatsache, daß alle Gestirne innerhalb einer festen Periode Kreise um den Pol beschreiben, zum Grunde legt, so muß man einen beliebigen Fixstern, ausgewählt aus der Zahl derer, die für den zu bestimmenden Ort nicht untergehen, in seinem höchsten und tiefsten Stande beobachten.

Beide finden statt, wenn er durch den Meridian geht, das eine Mal unter, das andere Mal über dem Pol. Das Mittel aus beiden Sternhöhen ist folglich die Höhe des in der Mitte zwischen beiden liegenden Pols, und der halbe Unterschied beider Höhen zugleich der Abstand vom Pole, der, von 90° abgezogen, die Declination des Sternes angiebt. Je kleiner dieser Unterschied, folglich je größer die Declination des Sternes ist, desto weniger hat man von den Fehlern der Beobachtung, des Instrumentes u. dgl. nachtheiligen Einfluß auf das Resultat zu fürchten. Stünde ein Stern im Pole selbst, so genügte eine Beobachtung desselben. Man wählt demnach am vortheilhaftesten den dem Pole nächsten und zugleich hinreichend hellen Stern; letzteres, um ihn auch am Tage in den Fernrohren der Meridiankreise sehen zu können. Unser Zeitalter hat dies sehr bequem; ein Stern zweiter Größe steht dem Pole so nahe, daß schon das bloße Auge bei genauer Aufmerksamkeit seine Ortsveränderung noch wahrnehmen kann. Das Resultat würde indeß fehlerhaft sein, wenn man es so, wie es die Beobachtung ergiebt, ohne Weiteres annehmen wollte. Die Strahlenbrechung erhöht den Stern, sowohl wenn er über, als wenn er unter dem

Pole steht, nur im ersteren Falle etwas weniger als im letztern, und man muß also die Größe der Refraction kennen und in Rechnung bringen; eine Bemerkung, die überall gilt, wo man aus beobachteten Höhen (oder Scheitelabständen) einen Schluß ziehen will. Wir kennen jetzt die Refraction, wenn man die für sehr geringe Höhen ausnimmt, genau genug, um sicher zu sein, daß aus dieser Quelle kein irgend merklicher Fehler in unseren Breitenbestimmungen entspringe.

Der Polarstern ist zwar der geeignetste und am häufigsten zu diesem Zweck beobachtete Stern, nicht aber der einzige; auch andere in der Nähe des Pols befindliche Sterne werden hierbei angewandt. Verbindet man die beiderseitigen Culminationen zweier, oder noch besser mehrerer Fixsterne, so kann man außer der Polhöhe und den Declinationen auch das Gesetz der Refraction selbst finden.

Will man durch Hülfe der Sonne die Breite finden, so muß man den Erfahrungssatz zu Hülfe nehmen, daß die Sonne sich am längsten Tage ebenso hoch über den Aequator nach Norden erhebt, als sie am kürzesten Tage südlich von ihm entfernt bleibt: ein Satz, welcher voraussetzt, daß sich der Mittelpunkt der Sonne in der Ebene der Erdbahn befinde. Alsdann geben zwei Beobachtungen an den genannten Tagen, in ganz ähnlicher Weise, wie vorstehend angegeben, berechnet, die Höhe des Aequators und den Winkel desselben mit der Erdbahn oder die Schiefe des Ekliptik. — Man hat indeß die Erfahrung gemacht, daß die Beobachtungen der Sonne, nach aller Strenge berechnet, nicht völlig genau dasselbe Resultat geben, als die des Polarsterns, und daß beide sich mehr von einander unterscheiden, als die wahrscheinlichen Fehler der Beobachtungen es erklären können. Der Grund kann ein mehrfacher sein: entweder fällt der Mittelpunkt der Sonne nicht völlig genau mit ihrem Schwerpunkte zusammen, und dann ist es begreiflich, daß nur der letztere,

nicht aber der erstere bleibend in der Ebene der Erdbahn liegen kann; oder eine andere vielleicht bloß optische Ursache liegt der — übrigens sehr kleinen — Abweichung zum Grunde. Da sich nun überdies der Rand eines Weltkörpers, der einen meßbaren Durchmesser hat, nicht so gut bestimmen läßt, als ein scharfer Punkt, wie ihn der Fixstern bildet, so ist man stillschweigend übereingekommen, die Beobachtungen der Circumpolarsterne als die Grundlage der Polhöhenbestimmungen zu betrachten. Die südliche Halbkugel unserer Erde entbehrt eines so bequemen Polarsterns; auch die nördliche hatte ihn nicht immer und wird ihn nicht immer behalten.

Drei Jahrhunderte hindurch wird er sich von jetzt ab dem Pole noch mehr nähern und folglich für den angegebenen Zweck noch besser dienen; alsdann entfernt er sich wieder von demselben (oder richtiger: der Pol von ihm) und nach einigen Jahrtausenden wird er des Namens: „Polarstern“ nicht mehr würdig befunden werden. — Am Aequator sind Beobachtungen der Circumpolarsterne in der angegebenen Art gar nicht anzuwenden, da keiner derselben beständig über dem Horizont bleibt.

In den meisten Fällen, namentlich überall da, wo eine feste Sternwarte nicht zu Gebote steht, kann man nur unter Voraussetzung bekannter Sterndeclinationen die Breite erhalten. Unter dieser Voraussetzung reicht eine Höhe des culminirenden Sternes zur Bestimmung hin, und man wird dies also da anwenden, wo die Lage der Sternwarte die Beobachtung beider Culminationen nicht, oder nicht bequem genug gestattet. Allein es bedarf einer directen Beobachtung der Höhe des Sternes (die doch nur auf festen Sternwarten genau zu erhalten ist) gar nicht, sondern Vessel hat gezeigt, daß man auch aus der Zeit, welche ein Stern bedarf, um aus dem östlichen Vertical in den westlichen zu rücken,

den Abstand des Sternes vom Scheitelpunkt, und folglich, wenn seine Declination bekannt ist, die Polhöhe finden kann. Zu dieser Beobachtung bedarf es gar keiner Theilung des Instrumentes. Man braucht selbst nicht einmal genau den östlichen und westlichen Vertical zu kennen, wenn man statt eines Sternes deren zwei beobachtet, und sich nur überzeugt, daß das Instrument sich überhaupt in einem naheliegenden Vertical bewege, oder, im entgegengesetzten Falle, wie viel es davon abweiche, was man durch die Wasserwage erfährt. Endlich ist auch eine absolut genaue Zeitbestimmung hierbei kein unentbehrliches Erforderniß, sobald man nur das Intervall der Zeit zwischen der ersten und letzten Beobachtung genau kennt. Nur ist zur Erlangung genauer Resultate erforderlich, daß man Sterne wähle, die dem Zenith nahe vorbeigehen.

Zu diesen Beobachtungen genügt vollkommen ein 12—16 zölliges Instrument, welches leicht in einen Kasten verpackt und transportirt werden kann, und eine einzige Nacht ist hinreichend, Beobachtungen zu erhalten, deren Gesamtergebnis bei zweckmäßiger Anordnung keinen Fehler von mehr als 2 Secunden übrig läßt. Indeß bedarf man einer Aufstellung des Apparats, deren Unveränderlichkeit während der Dauer der Beobachtung man versichert sein kann.

Die letztere Bedingung ist nun sehr häufig unerfüllbar, und auf Schiffen ist vollends eine Aufstellung ganz unmöglich. Man hat deshalb eine Art von Instrumenten eingeführt, welche in freier Hand gehalten werden können, und gleichwohl das Verlangte leisten, und dies sind die Reflexions- oder Spiegelinstrumente, unter denen der Sextant das bekannteste ist. Bei ihnen bestimmt man den Winkel-Abstand zweier astronomischen oder terrestrischen Objecte dadurch, daß man ihre Bilder zusammenbringt. Man erblickt nemlich in diesen Instrumenten jeden Gegenstand doppelt, einmal direct gesehen, wie in jedem anderen Fernrohr,

und sodann in einem Spiegel, von dessen Stellung es abhängt, wie weit das directe und das Spiegelbild von einander abstehen. Da man nun durch Drehung des Spiegels jeden beliebigen Abstand der beiden Bilder desselben Gegenstandes bewirken kann, so kann man auch das directe Bild eines Object's A dem Spiegelbilde eines andern B beliebig nähern, sie also auch zur Berührung bringen. Alsdann giebt der mit dem Spiegel verbundene Gradbogen die scheinbare Entfernung an. Da einer der beiden Gegenstände auch der Horizont sein kann, und zwar sowohl der natürliche als ein künstlicher, so erhält man auch auf diese Weise die Höhe eines Gegenstandes, jedoch ohne gleichzeitig zu erfahren, ob derselbe im Meridian, oder wie weit von demselben entfernt er stehe. Man kann also aus einer derartigen Beobachtung noch keinen Schluß ziehen, auch wenn die Declination bekannt ist.

Da man aber doch jedenfalls die Zeit im Noth kennt, mithin auch weiß, ob die Culmination schon vorüber oder noch zu erwarten ist, so mache man eine solche Beobachtung vor der Culmination, notire den Moment und warte ab, bis sich nach der Culmination dieselbe Höhe wieder zeigt. Man kann zu größerer Sicherheit vor der Culmination mehrere successive Höhen nehmen, und sie nach derselben in umgekehrter Folge wieder beobachten. Diese correspondirenden Höhen und zugehörigen Zwischenzeiten geben, wenn die Declination bekannt ist, die gesuchte Polhöhe durch eine einfache trigonometrische Rechnung.

Am häufigsten beobachtet man zu diesem Zweck die Sonne, da sowohl der natürliche als künstliche Horizont am Tage besser zu erkennen ist und die — noch durch die Reflexion und Theilung der Bilder geschwächte — Kraft der Sextanten-Fernröhre nur gering sein kann. Man muß dabei berücksichtigen, daß die Declination der Sonne sich vom

Vor- bis Nachmittag ändert, wenn man außer der Breite auch noch die Zeit des wahren Mittags finden will, die gleichfalls aus dieser Rechnung hervorgeht. Auf Schiffen kommt noch der Umstand hinzu, daß der Ort der Beobachtung in der Zwischenzeit der correspondirenden Höhen selbst wechselt. Deshalb wähle man die Höhen so, daß sie beide möglichst nahe dem Mittag fallen, und bestimme die Bewegung des Schiffes in der kurzen Zwischenzeit durch die gewöhnliche Schiffsrechnung, wenn dies nöthig sein sollte.

Für Fahrzeuge hatte die Nothwendigkeit diese Reflexions-Instrumente längst eingeführt. Als man sie gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in größerer Vollkommenheit verfertigt und ihre Theorie genauer entwickelt hatte, fing man auch an, sie für Beobachtungen auf dem Festlande anzuwenden. Namentlich ist es der hochverdiente Zach, der sie zu geographischen Ortsbestimmungen vielfältig anwandte und für ihre Verbreitung thätig war. Er nannte den Sextanten eine tragbare Sternwarte und war bemüht, ihn nicht für Breitenbestimmungen allein sondern für möglichst viele Aufgaben der geographischen Astronomie brauchbar zu machen. Ihr großer Nutzen, besonders in entfernten und uncultivirten Gegenden ist unverkennbar; indeß können sie an Genauigkeit nie mit größeren und festeren Instrumenten wetteifern, zumal wenn man bedenkt, daß der Sextant stets nur auf Umwegen das findet, was die übrigen Methoden direct geben.

Von ganz verschiedener Natur dagegen ist die Längenaufgabe. Wie schon oben bemerkt, unterscheiden sich die einzelnen Meridiane der Erde, was ihr Verhältniß zum Himmel betrifft, nur allein durch die Zeit, und zwar jeder Grad nur durch 4 Minuten Zeit. So kleine Differenzen aber können für den Anblick der Fixsterne keine Aenderung herbeiführen. Newyork und Neapel liegen in der Länge weit auseinander; da aber die Breite beider Orte ganz gleich ist, so werden die

Auf- und Untergänge, die Culminationen, die correspondirenden Höhen u. dgl. in beiden Städten die gleiche Aufeinanderfolge, die gleichen Intervallen haben, wenigstens was die Fixsterne betrifft. Daß alles dieses in Newyork fünf Stunden später als in Neapel erfolgt, kann man unmittelbar an keinem der beiden Orte wahrnehmen, denn jeder derselben hat seine eigene Zeit, die er eben durch die erwähnten Himmelsbegebenheiten bestimmen kann. Die richtige Newyorker Uhr wird also gegen die richtige in Neapel um eben so viel nachgehen, als der Meridianunterschied beträgt, es wird hier wie dort zwölf Uhr sein, wenn die Sonne im Mittag steht, und die Frage nach dem Längenunterschiede ist ungelöst. Um den Unterschied beider Zeiten zu ermitteln, bedürfte man einer gleichsam absoluten Zeit, die nach einem festen Hauptmeridian regulirt, und also für die ganze Erde dieselbe wäre, unabhängig von der Lage der einzelnen Meridiane. Die Vergleichung dieser absoluten Zeit mit der relativen jedes einzelnen Ortes würde die Aufgabe lösen. Es fragt sich also: giebt es Mittel, eine solche absolute Zeit zu erhalten und auf die ganze Erde zu übertragen? Ein einfaches und völlig genügendes Mittel wäre eine Uhr ohne Fehler, oder doch ohne Veränderlichkeit des Ganges während der ganzen zur Uebertragung erforderlichen Zeit. Ein anderes wären Signale, an beiden zu vergleichenden Orten sichtbar, und zwar entweder künstlich von uns zu veranstaltende (was nur bei nahegelegenen Orten möglich ist), oder solche, die der Himmel uns bietet, also Vorgänge, die ein hinreichend scharfes Moment der Beobachtung darbieten. Beide Methoden setzen übrigens voraus, daß das, was wir oben relative Zeit genannt haben, an jedem Orte durch geeignete Mittel hinreichend genau bestimmt werde.

Die Wichtigkeit der Aufgabe namentlich für den Seefahrer — da durch eine solche fehlerhafte bekannte Länge der

Untergang des ganzen Schiffes herbeigeführt werden kann und oft genug herbeigeführt ist — bewog das englische Parlament im Jahre 1714 unter der Königin Anna, einen Preis von 20,000 Pfd. Sterling demjenigen auszusetzen, der irgend ein zuverlässiges Mittel angeben würde, die Länge auf der See (und also überhaupt) bis auf $\frac{1}{4}$ Grad Genauigkeit zu bestimmen. Der Preis war der höchste unter allen, die je gewonnen wurden (denn Napoleons Preis von 1,000,000 Franken auf die beste Spinnmaschine ist niemals realisirt worden). Wir können ihn also als eine Epoche in der Geschichte dieser Aufgabe ansehen, und es wird von Interesse sein, die Mittel kennen zu lernen, deren man sich vorher bediente. Eins der allgemeinsten waren die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten. Schon im sechzehnten Jahrhundert war ihre Theorie im Ganzen so weit berichtigt, daß man diese Ereignisse voraus zu berechnen im Stande war. Nur konnten sie nicht ohne ein Fernrohr, das für den Gebrauch in freier Hand schon fast zu groß ist, beobachtet werden; sie halfen demnach dem Seefahrer wenig, wiewohl sie auf dem Lande mit ziemlichem Erfolge angewandt wurden. Der Moment der Verfinsterung ist meist auf eine Zeitsecunde sicher, ebenso das Wiedererscheinen. Sie sind also ein treffliches — und auch noch jetzt nicht ganz antiquirtes — Mittel da, wo man Zeit und Ruhe hat, die Begebenheit abzuwarten und sicher zu beobachten. Ereignen sie sich auch nun im Ganzen oft genug, da kaum die Hälfte der Nächte ohne eine solche Begebenheit vorübergeht, so hat doch jedes Jahr einen Ausfall von 3—4 Monaten, während welcher Zeit Jupiter bei der Sonne steht, und einen andern von 2—3 Wochen, während er in Opposition steht und die Finsternisse für uns größtentheils unsichtbar sind. Mondfinsternisse hatten vor denen der Jupiterstrabanten das voraus, daß sie keines oder doch nur eines sehr mäßigen

und unter allen Umständen leicht zu handhabenden Fernrohr bedurften. Allein theils ereignen sie sich viel zu selten, als daß sie dem Seefahrer von erheblichem Nutzen sein könnten, theils ist ihr Anfang und Ende nicht mit Schärfe wahrzunehmen, da der auf den Mond fallende Erdschatten verwaschen ist und ein allmählig dichter werdender Halbschatten ihm vorhergeht. Die Erfahrung lehrt, daß man auf 2—3 Minuten Unsicherheit gefaßt sein muß, und das hätte über einen halben Grad Unsicherheit in der Länge veranlaßt, mithin schon um deswillen der Preisaufgabe nicht genügt.

Sonnensfinsternisse lassen sich weit schärfer beobachten und bedürfen nur eines sehr mäßigen oder auch gar keines Fernrohrs. Aber sie sind für einen einzelnen Ort noch seltener als Mondfinsternisse, lassen Jahre lang auf sich warten, und sind deshalb dem Seefahrer so gut als unnütz. Ueberdies aber ereignen sie sich nicht gleichzeitig für die ganze Erde, geben also die absolute Zeit nicht direct an, wiewohl sie durch Rechnung daraus erhalten werden kann. Denn der halbe wie der volle Schatten des Mondes beschreiben ihren Weg über die rotirende Erde, und es hängt von der Erd- und Mondbewegung ab, wie schnell dies geschieht; immer aber verfließen einige Stunden Zeit. Die erforderliche Rechnung, um die für den Mittelpunkt der Erde gültige absolute Zeit aus den wirklich beobachteten Zeiten abzuleiten, konnte damals noch nicht in aller Strenge geführt werden.

Diese Bemerkung trifft auch die Sternbedeckungen durch den Mond, die sich übrigens viel häufiger ereignen als Sonnensfinsternisse, dagegen aber mit wenigen Ausnahmen eines guten Fernrohrs bedürfen.

Uebrigens erfordern alle diese astronomischen Momente, wenn der Seefahrer seine Länge daraus sogleich ableiten soll, eine scharfe Vorausberechnung für einen bestimmten Ort, die der Beobachter auf dem Lande nur als Anzeige des

Phänomens, also nur beiläufig richtig, bedarf, denn dieser hat nach gemachter Beobachtung Zeit, die Nachrichten von den an andern Orten gemachten abzuwarten und seine Rechnung alsdann mit aller Muße auszuführen; der Seefahrer aber will auf der Stelle, oder doch in möglichst kurzer Frist das Resultat wissen, da es später für ihn von keinem Nutzen sein kann. Für ihn also muß die Vorausberechnung die Stelle der correspondirenden Beobachtung ersetzen und folglich möglichst genau sein. Dies aber war in jener Zeit nicht wohl möglich, da es an einer genügenden Theorie der Bewegungen, namentlich des Mondes, so wie auch an hinreichend scharfen Sternörterten fehlte. Es war also vorzuziehen, daß die Aufgabe schwerlich durch eine einzelne neue Entdeckung, sondern nur durch Beseitigung der so höchst mannichfaltigen Hindernisse, also wohl nicht von Einem, sondern nach und nach von Mehreren werde gelöst werden, wie denn auch der Erfolg gezeigt hat.

Es verdient noch angeführt zu werden, daß Halley einen Vorschlag gemacht hat, der, wenn er praktisch die erforderliche Genauigkeit gewährte, die Längenaufgabe ganz aus dem Gebiete der Astronomie ausschließen würde. Die Abweichung der Magnetnadel ist nemlich verschieden für verschiedene Orte der Erde, und die Linien, für welche die gleiche Abweichung stattfindet, durchschneiden sowohl Meridiane als Parallellinien unter verschiedenen Winkeln. Vorausgesetzt also, daß man die Abweichung für alle Punkte der Erde kenne, so würde man aus der gegebenen Breite und Länge die Abweichung, folglich auch umgekehrt aus der Breite und magnetischen Abweichung die Länge finden können, sogar ohne Zeitbestimmung. Allein die Abweichung der Magnetnadel ist veränderlich nach Perioden der Tages- und Jahreszeiten, so wie nach größeren noch nicht genau bekannten Perioden, und zeigt überdies unregelmäßige, von den Witterungs-

phänomenen, den Nordlichtern u. dgl. abhängige Veränderungen, dann aber ist ihre Veränderung für $\frac{1}{4}$ Grad Länge in den meisten Erdgegenden zu gering, als daß es auf einen regelmäßigen Schiffe möglich wäre, den Unterschied mit Sicherheit wahrzunehmen. Diese Beobachtungen sind dem Seefahrer in anderer Beziehung wichtig, für die Länge aber können sie ihm keinen Vortheil gewähren.

Der bedeutende Preis setzte vor Allen die Uhrmacher in Bewegung. Wir haben gesehen, daß eine Uhr, welche die erforderliche Genauigkeit gewährt, die Aufgabe auf die einfachste und allgemeinste Weise löst. Wäre der Gebrauch des Pendels zulässig gewesen, den schon Huygens 1660 eingeführt hatte, so wäre das Ziel viel leichter erreicht worden; allein bei Uhren, die während des Transports richtig fortgehen sollen, sind Pendel und Gewicht von selbst ausgeschossen; man mußte also dem Federwerk der gewöhnlichen Taschenuhr diese Vollkommenheit ertheilen.

Setzen wir drei Monate als dieselbe Zeit, während welcher die Uhr erforderlichen Falls Gewähr leisten muß (denn wenn man einen Punkt von bekannter Länge erreicht hat, kann man sie aufs Neue berichtigen und prüfen) und man verlangt diese Gewähr bis auf $\frac{1}{4}$ Grad, so darf sie am Ende des Zeitraumes nicht über eine Minute Unsicherheit lassen, man muß also ihres täglichen Ganges auf $0'',6$ gewiß sein können, oder die Abweichungen von der richtigen Zeit dürfen nicht über $\frac{1}{140,000}$ der gesammten Zeit betragen — allerdings eine bedeutende Aufgabe für eine Federuhr. Auch währte es fünfzig Jahre, ehe es einem Künstler, Harrison, gelang, die Aufgabe so weit zu lösen, daß man ihm nach einer vorläufigen Prüfung seiner Uhr die Hälfte des Preises auszahlte und die andere nach einer umfassenden strengeren Prüfung zusagte. Diese aber bestand sie nicht, ja die Fehler des Standes der Uhr betrugen nach 3 Monaten

schon gegen 9 Minuten. Es muß bemerkt werden, daß die Forderung dahin ging, daß keine Temperatur, kein Feuchtigkeitswechsel den Gang der Uhr alteriren dürfe und sie unter allen Umständen dem Seefahrer Gewähr leiste. — Was Harrison nicht vollständig gelungen war, versuchten nach ihm Mudge und andere Künstler nicht ohne Erfolg, wie denn jetzt die verschiedenen Chronometer und Timekeepers bei allen Seefahrern und auf allen Sternwarten in Gebrauch sind. Indes wird man sich nicht verhehlen, daß auch das allervollkommenste mechanische Instrument kein unbedingtes Vertrauen erwecken kann da, wo Leben und Tod einer ganzen Schiffsmannschaft allein von ihm abhängig ist. Der geringste, das kostbare Werkzeug treffende Unfall — und man denke an die verschiedenen Zufälle, denen ein Seefahrer ausgesetzt ist — konnte möglicherweise die beste Uhr unbrauchbar machen, und was dann? Deshalb also war und blieb es von höchster Wichtigkeit, noch von einer anderen Seite die Gewähr zu leisten; und wir haben schon gesehen, daß dies nur auf astronomischem Wege möglich ist, zumal wenn es sich um das Bedürfnis des Seefahrers handelt. Das Meiste kam auf eine genau berichtigte Mondstheorie an, denn bei dem raschen Laufe dieses Weltkörpers verändern sich seine Beziehungen zu anderen in kurzer Zeit merklich, und mit Ausnahme der Trabantenfinsternisse im Jupitersystem kommt unser Mond bei allen hierher gehörigen Methoden in Betracht. Die andere Hälfte des Preises ward also nach und nach unter diejenigen britischen wie auswärtigen Astronomen vertheilt, welche sich um Vervollkommenung der Mondstheorie ein wesentliches Verdienst erwarben. So erhielt Tobias Mayer in Göttingen 3000 Pfd. für seine Mondstafeln, und die Erben Euler's eine ähnliche Summe für des Letzteren analytische Untersuchungen, welche der Mondstheorie zu Statten kamen. Wohl nie hat eine Preisauf-

gab so wichtige und wohlthätige Folgen gehabt, nie größere und edlere Kräfte in Bewegung gesetzt. Die von Mason, Bürg, Laplace, Burkhart, Plana, Damoiseau, Hansen, u. A. immer mehr verfeinerte Mondstheorie leistet jetzt der Aufgabe ein völliges Genüge. Für die kurzen Zwischenzeiten um den Neumond herum, oder wenn sonst aus anderen Ursachen der Mond nicht sichtbar wäre, müssen allerdings die Chronometer ausbessern; allein da man deren stets mehrere an Bord hat und man sie nun oft genug prüfen kann, ohne eine Landung abwarten zu müssen, so ist auch ihr Dienst gesichert, und Unglücksfälle, die in Unkunde des Orts ihren Grund haben, kommen jetzt fast gar nicht vor. Mit Beiseitsetzung der zu seltenen, zu schwierigen oder auch nicht hinreichend genauen Beobachtungsmomente der vorstehend aufgeführten Arten, wählt man jetzt einfach den Lauf des Mondes selbst, durch welchen sein Abstand von der Sonne, den Planeten und den Fixsternen in jedem Augenblick ein anderer wird. Man wählt nun die hellsten dieser Körper, Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und die der Ekliptik nahen Fixsterne erster Größe, und berechnet den Abstand des Mondes von jedem derselben, so oft er nicht zu weit von ihm absteht, von 3 zu 3 Stunden im Voraus. Diese Abstände nun nimmt der Schiffer in seinem Reflexionsinstrument wahr, reducirt diese Beobachtung nach den ihm gegebenen möglichst vereinfachten und erleichterten Formeln, und findet dadurch, wie groß in demselben Moment der Abstand in Greenwich oder derjenigen festen Sternwarte, für welche die Berechnung angelegt ist, und folglich auch, was es dort an der Zeit sei. Da er nun seine eigene Zeitbestimmung möglichst kurze Zeit vorher gemacht und durch die Uhren seines Schiffes fortgeführt und festgehalten hat, so erhält er den Unterschied der Zeit zwischen seinem und dem Normalorte, folglich seine Länge.

Allein was dem Schiffer, der nur ein momentanes unmittelbares Interesse daran hat, seinen Ort zu kennen, genügt erscheinen muß, kann da nicht ausreichen, wo man ein Resultat von bleibender und wissenschaftlicher Geltung verlangt. Unsere Landkarten würden auch selbst für den gewöhnlichsten Gebrauch nicht genügen, wenn sie Fehler von $\frac{1}{4}$ Grad in Länge enthielten. Da nun auch dem auf dem festen Lande Beobachtenden ganz andere Hülfsmittel zu Gebote stehen, so werden auch die Methoden und Werkzeuge, die er anwendet, andere sein müssen.

Die Sternbedeckungen durch den Mond sind gegenwärtig das am häufigsten und allgemeinsten angewandte. Bedient man sich eines guten und insbesondere scharfe Begrenzungen gewährenden Fernrohrs, so ist das Verschwinden eines Fixsterne hinter dem Mondrande, namentlich dem dunklen, ein so plötzliches Ereigniß, daß man bei strenger Aufmerksamkeit, und wenn nicht nachtheilige Nebenumstände eintreten, seiner wohl auf eine Viertelsekunde Zeit gewiß sein kann. Mißlicher ist die Beobachtung des Wiederauftretens (Austritts). Einmal ist es nicht leicht, den Punkt des Mondrandes, wo er erfolgen wird, ganz genau im Voraus zu wissen (bei den Eintrittten hat man dies nicht nöthig), zweitens aber überglänzt der helle Mondrand den meist schwachen Stern so sehr, daß man sein erstes Erscheinen leicht ganz verfehlt. Tritt er aber am dunkeln Rande aus, so muß man den Blick auf's Ungewisse in den leeren Himmelsraum richten, wodurch die Beobachtung meistens noch schwieriger wird. Es genügt indessen, wenn auch nur die Eintrittte an den zu vergleichenden Orten gut beobachtet sind, wiewohl beide Momente zusammen genommen die Sicherheit und Genauigkeit des Resultats beträchtlich vermehren. Der Unterschied, den beide Orte wahrnehmen, ist ein zweifacher: ein reiner Meridianunterschied, von der Verschiedenheit der

11

relativen Zeiten herrührend, und ein parallaktischer. Man denke sich von dem betreffenden Stern gerade Linien zu den verschiedenen Punkten der Erdoberfläche, so werden diese zwar wegen der großen Entfernung des Sterns als parallele, jedoch nicht als zusammenfallende betrachtet werden können, und der Mondrand erreicht diese verschiedenen Linien zu verschiedenen Zeiten, so wie an verschiedenen Punkten. Hätten also auch alle Orte die gleiche absolute Zeit, so würden sie dennoch verschiedene Momente der Beobachtung erhalten. Diesen parallaktischen Unterschied zu ermitteln, und so aus dem Resultat zu schaffen, daß man den Unterschied der relativen Zeiten, und also den der Länge, rein erhält, ist Sache des Berechners.

Könnte die Vorausberechnung ganz streng sein, wäre also sowohl der Ort des Fixsternes als auch die Bewegung des Mondes genau bekannt, so genügte die Beobachtung an Einem Orte. Da man diesem Ziele jetzt wenigstens schon ziemlich nahe ist, so hat man für mehrere Beobachtungen z. B. die, welche Humboldt in Südamerika angestellt hat, wenn keine vergleichenden in Europa zu finden waren, sich mit der Vorausberechnung als Surrogat der zweiten Beobachtung bisher begnügt. Die Erfahrung lehrt, daß die einzelnen, durch Sternbedeckungen bestimmten Längen, selbst wenn beide Beobachter den Moment als scharf bestimmten, ihre Zeitbestimmungen als sicher angeben, doch um mehrere Secunden, in einzelnen Fällen bis zu 8 und 10 Secunden Zeit von einander abweichen, und zwar sind die Unterschiede meistens größer, wenn man sehr entlegene Orte mit einander vergleicht. Die Schuld ist den Beobachtern selbst wohl nicht beizumessen, sondern größtentheils dem Umstande, daß der Mond nur im Allgemeinen kugelförmig, sonst aber mit zahlreichen und sehr hohen Bergen besetzt ist. Die Scheibe des Mondes ist also auch kein genauer Kreis, wie der Be-

rechner annimmt und annehmen muß, sondern zeigt an ihrem Rande Aus- und Einbiegungen, hervorragende Spitzen und eingeschnittene Thäler. Verschwindet nun beim Eintritt der Stern hinter einem Randberge, so geschieht dies begreiflich früher, als wenn an dieser Stelle ein thalartiger Einschnitt oder auch eine ebene Fläche sich befindet. Dieser Mangel ist wohl längst schon erkannt, es ist aber gar nicht leicht ihm abzuhelpen. Da indeß Sternbedeckungen häufig vorkommen (jährlich etwa 120 an einem gegebenen Orte sichtbare, wenn man Sterne bis zur siebenten Größe nimmt), so kann man da, wo anhaltend beobachtet wird, stets das Mittel aus vielen Bedeckungen nehmen und somit ein auf Theile von Zeitsecunden genaues Resultat erhalten.

Den Sternbedeckungen verwandt sind die Sonnenfinsternisse; doch ereignen sie sich zu selten und stehen, wie die Erfahrung zeigt, an Genauigkeit guten Sternbedeckungen gewöhnlich nach. — Noch viel ungenauer sind, wie schon bemerkt, die Mondfinsternisse, deren man sich auch nur im Nothfall zu rohen und vorläufigen Bestimmungen bedient. Auch die Verdunkelung und Wiederaufhellung einzelner Mondflecke, die man etwas genauer beobachten kann, als Anfang und Ende der Finsterniß, und die man zugleich bei einiger Kenntniß der Mondtopographie in ziemlicher Anzahl bei einer großen Finsterniß erhalten kann, können sich in ihrem Resultat mit den Sternbedeckungen nicht messen. Seit Zach sind sie nicht weiter zu Längenbestimmungen angewandt worden.

Die Culmination des Mondes muß, da der Mond zugleich eine eigene Bewegung hat, für die verschiedenen Erdorte verschieden sein, und zwar nicht bloß der absoluten, sondern auch der relativen Zeit nach, und kann also zu Längenbestimmungen dienen. Am einfachsten macht sich die Sache so, daß man den Mond und eine oder einige benach-

barte Sterne passieren läßt. Hätte der Mond keine eigene Bewegung gehabt, so würde die Differenz zwischen der Mond- und Sternculmination an beiden Orten dieselbe sein müssen. Die wahrgenommene Verschiedenheit der beiden Zwischenzeiten ist Folge der eigenen Bewegung des Mondes; da man nun diese der Quantität nach kennt, so läßt sich auch finden, wieviel absolute Zeit zwischen den Mondsculminationen der beiden Orte verflossen ist, folglich wie groß ihr Längenunterschied sei.

Einzeln genommen gewähren diese Beobachtungen nur geringe Genauigkeit; da man sie aber in großer, fast beliebiger Menge erhalten kann und sie zugleich zu den leichtesten gehören, die man mit ganz mittelmäßigen und nur provisorisch festen Fernröhren anstellen kann, so ist ihr Gebrauch nicht zu verwerfen, und man hat sie in neueren Zeiten vielfach angewandt. Man erspart dabei zugleich die besondere Zeitbestimmung, da sie, so weit sie hier in Betracht kommt, in der Beobachtung des Fixsternes enthalten ist.

Der Zweck würde verfehlt sein, wenn jeder Beobachter die Sterne, die er mit dem Monde culminiren läßt, beliebig wählen wollte, denn nur Beobachtungen desselben Sterns gestatten eine Vergleichung. Es ist also unter den Astronomen der Erde die Uebereinkunft getroffen, ein einziges Verzeichniß der an jedem Abend zu beobachtenden Sterne im Voraus zu veröffentlichen. Der in England erscheinende und zunächst für die Sternwarte Greenwich berechnete „Nautical Almanac“ hat dies übernommen, und die in andern Ephemeriden, z. B. in dem Berliner Jahrbuch, publicirten Verzeichnisse der Sterne im Parallel des Mondes sind mit ihm gleichlautend.

Die Verfinsterungen der Trabanten Jupiters eignen sich häufig, sind leicht zu beobachten und geben den Längenunterschied ohne Parallaxenrechnung unmittelbar. Insbesondere ist der Moment des Verschwindens von vielen Neben-

umständen abhängig. Der Trabant verschwindet nemlich nicht wie ein Stern, bei Bedeckungen, plötzlich und im vollen Glanze, sondern er tritt allmählig in den Jupiterschatten. Bei seiner sehr raschen Bewegung verfließen zwar nur 3—4 Minuten von der ersten Berührung des Schattens bis zur völligen Verdunkelung, wozu unser Mond eine Stunde gebraucht. Allein die letzte Secunde der Sichtbarkeit ist dennoch schwer zu bestimmen. Zuweilen bleibt der Beobachter auf 5 Secunden unsicher. Glaubt er aber auch sicher zu sein, so wird ein anderer, der ein stärkeres Fernrohr, ein schärferes Auge hat, oder sich einer größeren Helligkeit des Himmels, eines höheren Standes der Planeten, einer tieferen Nachtdunkelheit erfreut, den Moment gewiß mehrere Secunden später notiren und das Wiedererscheinen ist meistens noch unsicherer als das Verschwinden. — Bedient man sich stets desselben Fernrohrs, beobachtet so viel als möglich gleichviel Ein- als Austritte, vermeidet man Dämmerungszeiten und andere nachtheilig einwirkende Umstände, so kann gleichwohl eine beträchtliche Zahl von solchen Finsternissen eine brauchbare Längenbestimmung liefern; auch geben die astronomischen Ephemeriden, des jetzt seltener gewordenen Gebrauchs ungeachtet, immer die Vorausberechnung der Finsternis-Momente nebst den erforderlichen Nebenbestimmungen.

Eine von Boguslawsky vorgeschlagene, bis jetzt noch nicht angewandte Methode für Orte, deren einer vom andern aus gesehen werden kann, beruht auf folgendem Princip. Man lege durch zwei Erdorte eine Verticalebene, so wird der Durchgang irgend eines Gestirns durch diese Ebene ein und derselbe absolute Moment sein. Man richte also ein Fernrohr von A auf B, und bewege es nun in diesem Vertical aufwärts, so weit es nöthig ist, um den verabredeten Stern hindurchgehen zu lassen; das Fernrohr in B richte man auf A, bewege es um 180° herum und

verfahre dann wie in A: so werden die wahrgenommenen Momente des Durchgangs den relativen Zeitunterschied geben. Wegen der nicht sphärischen Gestalt der Erde werden einige kleine Correctionen nöthig sein, die man mit Leichtigkeit erhält. Große Sorgfalt wird indeß die Aufstellung der Fernröhre erfordern.

Wenn zwei Orte A und B zwar nicht von einander, doch aber von einem dritten C aus beide gesehen werden können, so kann man in C ein künstliches Signal veranstalten, was gleichzeitig in A und B gesehen werden kann. Das beste Mittel sind Pulverblicke (Blickfeuer). Der Punkt, wo sie gegeben werden, muß unveränderlich sein, um ein Fernrohr auch in der Nacht mit Sicherheit darauf richten zu können.

Raketen gewöhnlicher Art verlöschen nicht plötzlich genug, sonst würden sie, da sie eine bedeutende Höhe erreichen, auch noch für Orte anwendbar sein, die in C vom Erdboden aus nicht mehr gesehen werden könnten, doch aber noch den Punkt, wo die Rakete verloscht, über ihrem Horizont haben. Man hat indeß mit günstigem Erfolge zu diesem Zweck eine besondere Art Raketen angewandt, die beträchtlich hoch steigen und nicht nach Art der gewöhnlichen verlöschen, sondern einen Pulverblick in der Höhe sehen lassen.

Durch eine Kette von Signalen kann man auch entlegene Orte verbinden, und hat zugleich, wenn man nicht auch die Länge der zwischenliegenden Stationen verlangt, nur nöthig, an beiden Endpunkten die erforderliche Zeitbestimmung zu machen. Bloß hörbare Signale haben sich nicht bewährt gezeigt. Gauss hat vorgeschlagen, die Schwingungen der Magnetnadel (nicht wie Haller die Declination selbst) zu Längenbestimmungen anzuwenden. Diese kleinen, oft plötzlich und in kurzen Intervallen sich zeigenden Veränderungen ereignen sich, wie die neuesten Erfahrungen am Magnetometer gezeigt haben, gleichzeitig an sehr entlegenen

Punkten (wie z. B. Mailand und Christiania). Man würde also — stets eine sichere Zeitbestimmung vorausgesetzt — in diesen Beobungen terrestrische Signale haben, die nicht an die Bedingung des gleichzeitigen Sichtbarseins geknüpft wären, was den Gebrauch anderer Signale so sehr einschränkt. Doch werden noch viele Erfahrungen gesammelt und die Methode an bereits bekannten Längen geprüft werden müssen, bevor man Gebrauch davon machen kann, und es scheint nicht, daß sie eine der bereits bekannten verdrängen werde. Gält die Bedenklichkeit, sich dem Chronometer allein überlassen zu müssen, hinweg, so ist diese Methode der Berechnung die beste, da man bei ihr zugleich die Versuche beliebig wiederholen kann. Die bisherigen, freilich noch nicht in sehr großem Maßstabe ausgeführten Reisen haben ein so glänzendes Resultat geliefert, daß in der Folge, wenn die Uhrmacherkunst einerseits und die Raschheit der Communication andererseits noch weitere Fortschritte gemacht haben, dies Mittel allen übrigen vorgezogen werden wird. Das Princip ist äußerst einfach: die Zeit eines Ortes A wird durch einen oder mehrere Chronometer möglichst rasch nach einem andern B, der seine Zeit gleichfalls bestimmt, übertragen.

So haben zwanzig chronometrische Reisen, welche die Gebrüder Petersen im Jahre 1835 zwischen Altona und Berlin mit mehreren Chronometern unternahmen, den Längenunterschied dieser Orte bis auf $\frac{1}{4}$ Secunde etwa festgestellt. Hätte zwischen beiden Orten eine Eisenbahn bestanden, so hätte eine noch 3—4mal größere Genauigkeit (so weit diese nemlich vom Gange der Chronometer abhängt) erhalten werden können. Ein im Ganzen nicht minder günstiges Resultat ergaben die Reisen, welche auf Veranlassung der russischen, preussischen, dänischen und schwedischen Regierung im Sommer 1833 von dem Schiffe „Hercules“ unter Schubert's Leitung ausgeführt wurden, um die wichtigsten

Küstenpunkte des baltischen Meeres zu bestimmen. Da nur an wenigen derselben feste Sternwarten waren, so errichtete man temporäre Beobachtungsstationen zur Zeitbestimmung. Da man jetzt schon dahin gelangt ist, die Dampfschiffreise von England nach Amerika in $7\frac{1}{2}$ Tagen machen zu können, so dürfen wir hoffen, den Längenunterschied von Greenwich und Newyork bald chronometrisch bestimmt zu sehen, mit weit größerer Sicherheit, als dies durch die bisherigen Methoden möglich war; und in ähnlicher Art den der Hauptstädte Europa's, wenn erst das Eisenbahnnetz zwischen ihnen vollendet sein wird.

Zwischen den durch die Arbeiten der Astronomen bestimmten Punkten spannt nun weiter der Geodät sein Netz aus, sowohl um die Lage derjenigen, die jener unbestimmt gelassen hatte, zu ermitteln, als auch, in einem größeren Maßstabe operirend, die Gestalt unsers Erdkörpers zu erforschen. Bis jetzt ist die letztere Aufgabe eigentlich nur in Beziehung auf die Breiten ausgeführt worden; man hat Meridianbögen der Erde gemessen. Aber auch die Messung der Parallelen wird nöthig sein, um die Figur der Erde nach allen ihren Dimensionen, so weit dies möglich, zu erforschen. Noch wäre das Letztere zu früh; Längenbestimmungen, an welche der Geodät anknüpfen und mit denen er seine Arbeit vergleichen müßte, um ein sicheres Resultat zu gewinnen, sind noch nicht in hinreichender Genauigkeit auf allen Punkten gegeben.

Unvollkommen, wie es nicht anders zu erwarten war, fielen die ersten Gradmessungsversuche aus. Die alten Methoden waren schon von der Art, daß keine Schärfe zu erwarten war. So maßen Fernel im sechzehnten und zum Theil noch Norwood im siebzehnten Jahrhundert den Bogen des Meridians durch die Umläufe eines Wagenrades; und in dem astronomischen Theile der Arbeit waren die Fehler

noch größer, da man von der Aberration und Nutation noch nichts wußte, und die Theilung ihrer Instrumente, ihre Aufstellung und Niveallung, so wie die mikrometrischen Vorrichtungen noch sehr unvollkommen waren. Alle vor der peruanischen Messung ausgeführten und eine bedeutende Anzahl der späteren Gradmessungen haben daher nur noch geschichtlichen Werth. So die unter Ludwig XIV. ausgeführte französische Gradmessung von Dunkirchen bis Perpignan von Picard, Lahire und Cassini ausgeführt. So großen Werth in chartographischer Hinsicht die Cassini'schen Dreiecke haben, so gering ist dieser in Beziehung auf die Bestimmung der Erdgestalt. Sie haben nichts bewirkt, als eine funfzigjährige Verwirrung, einen Kampf, der noch im Kindheitsalter begriffenen Praxis mit der ihr weit vorausgeeilten Newton'schen Theorie. Die Eiform war die letzte der chimärischen Metamorphosen, welche unsere Erde durchgemacht hat, von dem chinesischen Viereck und der indischen Kotosblume an, durch den Keller, die Säule, die Scaphe und andere Formen hindurch, über die Birne des Columbus hinweg bis zu dieser Mißgeburt der ersten Gradmessungen.

Nachdem Bouguer, Condamine und Godin ihre neun Jahre Zeit erfordernde peruanische Messung zu Stande gebracht hatten, und Maupertuis' gleichzeitig in Lappland, begonnene, aber weit früher vollendete Messung damit verglichen werden konnte, entschwand jeder Zweifel über die wahre Erdgestalt, nur das Wieviel der Abplattung an den Polen stand noch in Frage. Der Abplattungscoefficient und die Größe der Erde waren fortan die Hauptaufgaben bei jeder neuen Gradmessung. Eine derselben ist am Cap der guten Hoffnung von Lacaille 1750, eine andere von Mason und Dixon 1764 in Pensylvanien ausgeführt worden; letztere maßen den ganzen Bogen von $1\frac{1}{2}^{\circ}$ direct mit der Messkette. Wären diesen beiden an

Genauigkeit und Zuverlässigkeit der peruanischen gleich, so würden sie geeignet sein, zwei wichtige Fragen, welche die Conformität der nördlichen und südlichen, so wie der östlichen und westlichen Halbkugel unserer Erde betreffen, zu beantworten. Leider war ihr Ausschluß durch ihre inneren Incongruenzen geboten, und so dienen sie, wie noch mehrere andere jener Zeit, nur zu einer Mahnung, bei allen künftigen Messungen die höchste Aufmerksamkeit auf alle noch so gering scheinenden Nebenumstände zu richten, wie dies unter Allen am meisten Bessel in seiner preussischen Gradmessung gethan hat, die für das neunzehnte Jahrhundert das ist, was die peruanische für das achtzehnte war. Die Bestimmung der Grundlinie ist es hauptsächlich, welche die höchste Sorgfalt erfordert, die sich einerseits auf die genaue Ermittlung des Werths und der Veränderungen der angewandten Maßstäbe, andererseits auf die Methode des Abmessens zu richten hat. Bei der preussischen Gradmessung ward eine Basis von einer halben Meile so genau gemessen, daß der zu befürchtende Fehler nicht über $\frac{1}{6}$ Zoll betrug. So war es denn erklärlich, daß die gemeinschaftlichen Seiten dieser preussischen und der an Güte mit ihr wetteifernden lithauischen Messung, obgleich mehrere Meilen lang, doch bis auf wenige Zolle und Theile eines Zolles übereinstimmten, und daß Bessel trotz der Kürze seines Meridianbogens es wagen konnte, zu untersuchen, ob die einzelnen Theile desselben der gleichen Ellipse entsprächen.

Aber auch diese im Sinne der Meridiane ausgeführten Gradmessungen, so zufriedenstellend ihr Resultat, allgemein betrachtet, gegenwärtig erscheint, sind doch von ihrem erreichbaren Ziele noch weit entfernt. Die gemessenen Meridianbögen sind meistens nur Stücke von wenigen Graden und gehören sehr verschiedenen Meridianen an. Die zehn Messungen, welche Bessel in seiner trefflichen Berechnung als die zuverlässigeren annimmt, betragen zusammen 35 Grad,

die meistens in Europa und Ostindien zerstreut liegen. Das längste Stück, die französische Gradmessung, reicht von Formentera bis Dünkirchen durch $12\frac{2}{3}$ Grade. Kein gemessener Punkt liegt in der südlichen Halbkugel, und der Aequator, da wo er das Andesgebirge schneidet, ist die südlichste Grenze. Ebenso ist zwischen $+ 15^{\circ} 6'$ und $+ 38^{\circ} 40'$ Br. eine große Lücke. Zu einem Resultat können wir diese Messungen nur verbinden durch die Annahme, daß alle Meridiane der Erde gleiche Form haben, und es ist nicht wahrscheinlich, daß dies in aller Strenge statfinde. Ferner muß die südliche Halbkugel als congruent mit der nördlichen angenommen werden, was gleichfalls einigen Zweifeln unterliegt. — Nicht eher, bis wenigstens ein Meridian in möglichst großer Erstreckung über ganze Erdtheile hin durchgemessen ist, wird man eine ganz feste Basis weiterer Untersuchungen gewinnen, indem alsdann jedes einzelne Stück eines anderen entlegeneren Meridians mit dem entsprechenden des erstern verglichen werden kann, während dieses auf die Gestalt der Erde unter diesem Meridian einen bestimmten Schluß ziehen läßt.

Zu einer solchen Messung dürfte die Aussicht nicht gar zu fern liegen. Es ist jetzt im Werke, die von Struve ausgeführte liefländische Gradmessung, die von Jacobstadt $56^{\circ} 30'$ bis Hochland $60^{\circ} 5'$ reicht, durch eine nördliche Fortsetzung in Finnland und Lappland an die dort von schwedischen Gelehrten (Schwanberg und Desverbom) ausgeführte anzuschließen. Letztere reicht von Maadörn $65^{\circ} 31'$ bis Pahtawara $67^{\circ} 9'$, der nördlichste von Gradmessungen bisher berührte Punkt. Dadurch würde eine Ausdehnung von $10\frac{2}{3}$ gewonnen sein. Aber auch in südlicher Richtung soll diese Messung durch Curland und Litthauen fortgesetzt und bis zur türkischen Grenze verlängert werden. Unter den gegenwärtigen Umständen steht zu hoffen, daß auch eine noch weitere Fortsetzung den Hindernissen nicht begegnen werde,

die bisher in allen nichtchristlichen Staaten umfassende wissenschaftliche Arbeiten erschwerten oder unmöglich machten. Schon die auf diese Weise zu hoffende Verbindung der Nord- und Südspitze Europa's würde eine dem zehnten Theile des Erdumfangs gleiche Erstreckung in nahe gleichem Meridian umfassen. Beovenken wir nun aber, daß auch Afrika gerade in dieser Erstreckung den längsten Meridian darbietet, so ist wenigstens für ein späteres Jahrhundert die Möglichkeit gegeben, eine vom europäischen Nord- bis zum afrikanischen Südcap reichende, durch keine zu großen Lücken unterbrochene Gradmessungskette zu vollenden, was mehr als ein Drittel des Erdumfangs beträgt und wovon ein beträchtlicher Theil der südlichen Halbkugel angehört. Erst wenn diese Arbeit und eine ähnliche im westlichen Continent durchgeführt sind, wird sich herausstellen, ob wirklich, wie man aus einigen Daten vermuthet, der westliche Continent eine Depression im Vergleich zum östlichen zeigt, oder ob wir alle Meridiane als congruent anzusehen haben. Die hohe Wichtigkeit einer definitiven Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen aber wird Niemand leugnen, der eingedenk ist des Ausspruchs eines der größten Geographen, unsers trefflichen Ritter:

„Unsere Erde ist nur ein Stern unter den Sternen,
 „und wir auf ihm sollten nicht durch ihn uns vor-
 „bereiten zur Anschauung der Welt und ihres Schöpfers
 „und Meisters?“

XII.

Die Sonne.

Das „große Licht, das den Tag regiert“, ist seit den ältesten Zeiten ein Gegenstand nicht allein der Beobachtung, sondern vielfach selbst der religiösen Verehrung gewesen überall, wo der reine Monotheismus die Herrschaft nicht gewinnen konnte, weshalb denn auch kein alter Dichter und nur wenige der alten Schriftsteller ihrer nicht gedenken. Nicht zu verwundern ist es daher, daß wir so vielen Meinungen und Muthmaßungen über die Natur der Sonne begegnen. Das frühere Alterthum, das sich mit der Idee eines freischwebenden Weltkörpers überhaupt nicht befreunden konnte, dachte sich am gewöhnlichsten den Himmel als ein festes Gewölbe, hinter welchem überall Feuer sei, und die Sonne als eine Oeffnung dieses Gewölbes, durch welche wir das Feuer erblicken, so daß man z. B. Sonnenfinsternisse durch ein Zusammenziehen und Schließen dieser Oeffnung erklärte. Später, namentlich in der alexandrinischen Zeit, waren zwar diese Vorstellungen längst überwunden, aber noch fehlte viel, daß man sich genaue Rechenschaft über jenes mächtige Gestirn hätte geben können. Und noch heut, trotz so zahlreicher und genauer astronomischer Beobachtungen, trotz unserer Polarisationsversuche und unserer Daguerreotypie, sind wir weit entfernt, die Wissbegier ganz befriedigen und über viele wichtige Fragen eine genügende Belehrung geben zu können. Kennen wir doch in manchen wesentlichen Beziehungen weit kleinere und entferntere Weltkörper besser als unsere Sonne.

Ihren Dimensionen nach ist sie eine große Kugel ohne Abplattung (wenigstens ohne wahrnehmbare), im Durchmesser 112 mal, der Fläche nach 12,500 mal, dem

Inhalte nach aber 1,400,000 mal größer als unsere Erde. Eine Reise um die Sonne herum ist zwölfmal länger als eine von der Erde zum Monde. Ihre Dichtigkeit dagegen ist sehr gering und beträgt nur etwa $\frac{1}{4}$ der Erddichtigkeit. 354,000 Erdfugeln müßte man in eine Wagschale legen, um die in der andern liegende Sonne aufzuwiegen.

Ihrer Lage nach bildet die Sonne den Mittelpunkt des reichen und mannichfaltigen Systems der um sie kreisenden Haupt- und Nebenplaneten, Kometen und Sternschnuppen. Zwar fallen der Mittelpunkt der Sonne und der Schwerpunkt des Sonnensystems nicht völlig zusammen; letzterer kann sogar — bei den Conjunctionen Jupiters und Saturns — noch etwas außerhalb des Sonnenkörpers fallen, doch ist dies im Ganzen von geringem Belang. — Welche Lage die Sonne im Weltenraume habe, läßt sich dagegen nur mehr mutmaßen: man hat einigen Grund anzunehmen, daß nach der Seite des Schwans und der der Jungfrau hin die Sonne den Grenzen der Fixsternwelt (unserer Welteninsel nemlich) näher stehe als nach den entgegengesetzten.

Ihre wirklichen Bewegungen innerhalb ihres Systems bestehen in den kleinen Schwankungen, die sie in Folge der planetaren Störungen um den allgemeinen Schwerpunkt des Systems macht und welche in den astronomischen Rechnungen auf die Planeten mit übertragen werden. Die Bewegung der Sonne im Fixsternsystem ist bedeutender, jedoch, so weit bis jetzt darüber geurtheilt werden kann, viel geringer als die der Erde und der meisten Planeten; übrigens kommt diese kosmische Bewegung dem ganzen System der Sonne gleichzeitig und in ganz gleichem Maße zu, ebenso wie der Mond die Bewegungen der Erde um die Sonne mitmacht. — Auch eine Rotation hat der Sonnenkörper. Wir werden weiterhin sehen, durch welche Mittel wir die Kenntniß derselben erlangt haben; hier genüge die

Bemerkung, daß sie in etwa $25\frac{1}{2}$ Tagen vor sich geht, in welcher Zeit sich die Sonne um eine Axt dreht, welche gegen die Ebene der Erdbahn $82\frac{1}{2}$ Grad geneigt ist, also nahezu (bis auf $7\frac{1}{2}^{\circ}$) senkrecht auf derselben steht. Diese Rotationsbewegung ist, räumlich genommen, doch noch $4\frac{1}{2}$ mal schneller, als die der Erde, und sie beträgt über 6000 Fuß in der Secunde.

Dies die allgemeinen mathematischen Grundlagen unserer Sonnenkunde. Betrachten wir jetzt, so weit es uns gestattet ist, ihre physische Natur.

Die Sonne an sich selbst ist ein fester Körper, der im Allgemeinen mit den Planetenkörpern übereinstimmen mag, und der für sich genommen auch nicht leuchtet. Dagegen ist er auf Hunderte von Meilen hinauf mit einer wahrscheinlich ziemlich dichten Hülle umgeben, welche von gasförmiger Natur ist und die Eigenschaft des Leuchtens besitzt. Dieses Leuchten wird bewirkt durch die den nächstliegenden Aethertheilchen mitgetheilte wellenförmige Erschütterung, welche sich in ähnlicher Weise, wie die Wellen des Wassers oder die Schallbewegungen in der Luft, nur mit einer ungleich größeren Geschwindigkeit, fortpflanzen, so daß sie in 8 Minuten 18 Sekunden schon den Raum von der Sonne zur Erde ($20\frac{2}{3}$ Mill. Meilen) zurücklegen. Die ältere Ansicht setzte statt dessen Strahlen, welche sich im Raum wirklich mit dieser enormen Geschwindigkeit fortbewegten, so daß das materielle Lichttheilchen, welches jetzt von der Sonne ausginge, in $8\frac{1}{4}$ Minuten auf der Erde anlangte (das Emanationssystem). In dem oben angenommenen (dem Undulationssystem) bedarf es einer so großen Geschwindigkeit nicht. — Man denke sich eine Million gleichgroßer harter Kugeln in einem Canale aneinandergereiht, und diesen Canal zugleich so eng, daß eine Seitenausweichung nicht stattfinden kann. Die erste Kugel werde durch eine hinreichende Kraft um ihren Durchmesser

vorwärts geschoben, so wird dieselbe Bewegung sich der um eine Million solcher Durchmesser entfernten letzten Kugel mittheilen, und das Resultat dasselbe sein, als ob die erste Kugel, frei von den übrigen sich bewegend, in derselben Zeit die Million Durchmesser zurückgelegt hätte. Nicht die Körper haben sich so schnell bewegt, sondern die Mittheilung der Bewegung hat sich mit dieser Raschheit fortgepflanzt, was gar nichts Unbegreifliches hat.

In der Natur kennen wir kein Licht, was dem der Sonne zu vergleichen wäre. Künstlich aber können wir nicht allein das Sonnenlicht (im Brennglase oder Brennspiegel) sehr verstärken, sondern auch (durch Verbrennung von ~~Sonne~~ *Natur* stoff in einem Cylindergebläse und auf andere Weise) ein Licht erzeugen, daß das natürliche Sonnenlicht noch übertrifft. Nach der allgemeinen Natur des Lichts muß die Kraft der Erleuchtung nach dem Quadrat der Entfernung abnehmen, also in doppelter Entfernung 4mal schwächer sein. Dies Verhältniß ist aber nicht nothwendig auch das des Reflexes; denn dabei kommt die verschiedene Structur und die Gestalt der Oberfläche des erleuchteten Körpers mit in Betracht. Wir sehen Beides durch den Anblick der verschiedenen Planeten und Kometen bestätigt. Bei letzteren — wo es als wahrscheinlich angenommen werden kann, daß die Reflexionsfähigkeit sich gleich bleibe — verhält sich die Helligkeit umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne. Bei den Planeten ist im Allgemeinen gleichfalls nicht zu verkennen, daß vom Mercur bis Uranus hin eine sehr merkliche Abnahme der Helligkeit stattfindet, wogegen einzelne Ausnahmen, z. B. das trübere Ansehen des Mars im Vergleich zum Jupiter, auf verschiedene Reflexion hindeuten. Auf der Erde lassen sich directe Versuche der Art mit dem Sonnenlicht nicht wohl anstellen, da die Entfernung der Erde von der Sonne zu wenig variiert.

Wir haben Ursache anzunehmen, daß es sich mit der von der Sonne ausgehenden Wärme ebenso verhalte. So weit sie vom Centrakörper abhängt, nimmt sie nach demselben Verhältniß ab wie die Erleuchtung und die Anziehung; andererseits aber hängt sie wieder von der besonderen Beschaffenheit der erwärmten Körper ab, und hier läßt sich ein so einfaches Gesetz nicht aufstellen, noch weniger aber annehmen, daß diese sogenannte specifische Wärme sich etwa wie der Lichtreflex verhalte und folglich durch diesen bestimmen lasse, was die angestellten Beobachtungen entschieden verneinen. Hieraus ergiebt sich die Unmöglichkeit, über die Temperaturgrade der andern Weltkörper etwas Allgemeines und Sicheres bestimmen zu können.

Licht und Wärme richten sich ferner nach dem Einfallswinkel, also nach dem höhern oder niedern Stande der Sonne über dem Horizont eines gegebenen Ortes; die letztere auch noch nach der Zeit der Einwirkung, die bei der Stärke des Lichts nicht in Betracht kommt (die sogenannten Lichtsaugenden Körper ausgenommen). Diese Verschiedenheit des Einfallswinkels, verbunden mit der Zeit der Beleuchtung, ist es hauptsächlich, wodurch auf der Erde (und ohne Zweifel auch auf den anderen Weltkörpern) die Verschiedenheit der Klimate und Jahreszeiten bedingt ist.

Im Bisherigen ist von einer Verschiedenheit an der Licht- und Wärmequelle selbst, weder der Zeit noch dem Orte nach, nicht die Rede gewesen. Im Ganzen betrachtet, leuchten alle Gegenden der Sonnenkugel zu allen Zeiten gleich stark. Ausnahmen im Einzelnen machen die sogenannten Sonnenflecke.

Der Entdecker der Sonnenflecke, Scheiner, hatte mit denselben hergebrachten Vorurtheilen zu kämpfen, welche einem Copernikus und Galiläi in den Weg traten. Die alten Griechen hatten von einem „reinen Sonnenfeuer“ gesprochen

und die Sonne als ein Sinnbild der Unbeflecktheit dargestellt; auch in der Bibel stand nichts von Sonnenflecken — und giebt es nicht noch heut zu Tage Leute, denen das Schweigen der Bibel für einen Gegenbeweis gilt? — so ward denn Scheiner, dem Jesuiten, von seinem Vater Prinzipal verboten, von Sonnenflecken zu sprechen. — Es ist indeß nicht einmal ausgemacht, ob Scheiner der erste Entdecker gewesen. Um die Zeit der Erfindung des Fernrohrs mußten unausbleiblich eine Menge der wichtigsten Wahrnehmungen fast gleichzeitig von Mehreren am Himmel gemacht werden, deren keiner von des andern Entdeckung etwas wußte.

Die Sonnenflecke sind dunkel erscheinende Stellen der Oberfläche, nach Zahl, Größe und Dauer höchst veränderlich, in manchen Jahren nie fehlend, in andern selten und unscheinbar. Die größere oder geringere Häufigkeit ihrer Erscheinung wechselt, den Erfahrungen des Dessauer Astronomen Schwabe zu Folge, nach Perioden von etwa 10 Jahren. So waren 1826, 27, 37 sehr fleckenreiche, dagegen 1832 und 1833 fleckenarme Jahre. Früher, als man die Sonne weniger anhaltend in dieser Beziehung beobachtete und wegen geringerer Kraft der Fernröhre auch nur die größeren Flecke wahrnahm, betrachtete man häufig dieses Phänomen als etwas Außergewöhnliches. Gegenwärtig wissen wir, daß im Gegentheil der fleckenfreie Zustand der Sonne ein ungewöhnlicher ist, ja daß, wenn man auch die kleinsten sichtbaren Flecke mitzählt, sie wahrscheinlich nie gänzlich fehlen.

Sie sind nicht über die ganze Sonne verbreitet. Zu beiden Seiten des Äquators gehen sie etwa bis 25 Grad, wobei merkwürdiger Weise die Äquatorgegend selbst, also die Mitte der Fleckenzone, weit weniger zeigt, als die zu beiden Seiten liegenden Grenzgegenden. Als ganz einzeln stehende Ausnahme mag angeführt werden, daß La Hire einst einen Fleck unter dem 70° der Breite auf der Sonnenfugel sah.

Sie sind von der verschiedensten Gestalt, und es läßt sich auch hierin durchaus keine Regel feststellen; kein Grundtypus, wie bei den Mondgebirgen. Die größeren bestehen gewöhnlich aus einem inneren dunkleren Theile und einem diesen umgebenden und weniger dunkeln, welche beide man als Kern und Hof bezeichnet. Nicht selten umschließt ein Hof mehrere Kerne von der verschiedensten Gestalt und Größe. Die Umrisse des Hofes entsprechen übrigens mehr oder weniger genau denen des Kernes. Die Flecke stehen ferner meist gruppenweise, auch wenn kein gemeinschaftlicher Hof sie verbindet, wie denn häufig sich gar keiner zeigt.

Aus der allgemeinen Fortrückung dieser Flecke auf der Sonnenscheibe hat man die oben angeführte Dauer der Rotation und Lage der Axe bestimmt. Die Richtung dieser Fortrückung ist die allgemeine Bewegungsrichtung im Planetensysteme, von Westen nach Osten. Wären die Flecke konstant, so müßten diese Bestimmungen einen hohen Grad von Genauigkeit haben und die Rotations Elemente der Sonne würden den Bahnelementen der Planeten an die Seite gesetzt werden können. Ihre große Veränderlichkeit, welche bewirkt, daß man sie zuweilen schon nach 24 Stunden nicht wieder erkennt, und welche das Wiedererscheinen desselben Flecks bei der folgenden Umdrehung zu einem seltenen Ereigniß macht, ist Schuld an der geringen Genauigkeit. Einige Beobachter versichern zwar, in diesen veränderlichen Flecken gleichwohl konstante Theile wahrgenommen zu haben; bis jetzt ist aber noch nichts Bestimmtes und Zuverlässiges darüber bekannt geworden.

Ob diese Flecke, außer den bemerkten Veränderungen der Gestalt und Größe, und außer der allgemeinen Rotationsbewegung, noch eine besondere eigene Bewegung auf dem Sonnenkörper haben, ist neuerdings in Zweifel gestellt worden. Eine sichere Entscheidung über diese und viele andere Fragen

haben wir zu hoffen, wenn die mehr als zwanzigjährigen und noch immer unausgesetzt fortbauenden Sonnenbeobachtungen des erwähnten Astronomen Schwabe einst veröffentlicht werden. Möge dieser Zeitpunkt nicht allzufern sein!

Die Flecke, wiewohl gegen den hellen Sonnengrund sehr scharf abstechend, sind gleichwohl nicht vollkommen schwarz. Vergleicht man sie bei Sonnenfinsternissen und Planetendurchgängen mit dem Dunkelschwarz dieser verdeckenden Körper, so scheinen sie nur ein ziemlich lichtes Braun darzubieten. Scharf begrenzt, auch gegen ihren Hof, sind übrigens die meisten.

Es zeigen sich auch Sonnensackeln, d. h. Stellen der Oberfläche, welche heller (oder auch in anderer Farbe), als das Uebrige glänzen. Sie beschränken sich auf dieselbe Zone wie die Flecke, stehen häufig ganz in ihrer Nähe, ja verwandeln sich in Flecke. Auf der Mitte der uns zugewendeten Seite wird man nicht leicht Sackeln wahrnehmen, häufiger nach dem Ost- oder Westrande zu. Alles läßt vermuthen, daß die veranlassende Ursache bei den Sackeln wie bei den Flecken in genauem Zusammenhange stehe.

Welches ist nun aber diese Ursache? Hat sie Aehnlichkeit mit derjenigen oder denjenigen, welche unsern Witterungswechsel und die Veränderung in der Wolkenbedeckung unserer Erde erzeugen? Bei der gänzlichen Verschiedenheit der Umhüllungen beider Körper — man hat Bedenken getragen, die der Sonne als Atmosphäre zu bezeichnen und sie Photosphäre genannt — ist diese Annahme nicht sehr wahrscheinlich. Nur so viel scheint entschieden, daß der dunkle Kern der Flecke uns den eigentlichen Boden des festen Sonnenkörpers zeige, während die tiefe und dichte Lichthülle von den übrigen Punkten aus keinen Durchblick gestattet. Aus Ursachen, die uns unerforschlich sind, möge sich die Lichthülle zeitweilig von einzelnen Gegenden ganz zurückziehen (Kernfleck) und

in der Nähe dieser entblößten Gegend die leuchtende Kraft geschwächt sein (Hof). Oder man möge mit Herschel dem Vater annehmen, daß die Sonne zwei Photosphären habe, und daß entweder beide, oder nur die eine von beiden sich stellenweise zurückziehe. Ein solches Zurückziehen kann nicht wohl gedacht werden, ohne ein gleichzeitiges Anhäufen irgendwo in der Nähe, daher die Sonnensackeln. Die Art des Verschwindens und Wiedererscheinens am West- und Ostlande stimmt größtentheils (nicht durchaus) mit dieser Annahme überein. Der Mittelpunkt des Kerns bleibt, je weiter der Fleck gegen den Rand vorrückt, desto mehr hinter dem Mittelpunkte des Hofes zurück; letzterer bewegt sich also bei der Rotation schneller, folglich auf einem größeren Kreise.

Ganz unhaltbar erscheint eine Meinung, welche in diesen Flecken Rauch- oder Schlackenmassen sehen will; eine Hypothese, die überdies einen wirklich flammenden Zustand der Sonnenoberfläche voraussetzt. Schlacken würden auf der äußeren Oberfläche des Lichtmeeres schwimmen; Rauch sich sogar über dieselbe erheben, während zuversichtlich die schwarz erscheinende Stelle tiefer liegt als das Uebrige.

Man könnte geneigt sein anzunehmen, die Sonnenflecke müßten die leuchtende Gesamtkraft der Sonne, und auch wohl ihre erwärmende, schwächen, da doch gewiß von den dunkleren Theilen weniger und schwächeres Licht zu uns gelangt. Allein zu einer physisch merklichen Schwächung des Lichts oder der Wärme würde eine weit größere Anhäufung der Flecke gehören, als man bis jetzt, selbst in den frequentesten Perioden, wahrgenommen hat. Es ist schon sehr viel, wenn $\frac{1}{100}$ der Sonnenoberfläche gleichzeitig aus Flecken besteht; und Menschenalter vergehen, ehe einmal ein Fleck mit bloßem Auge wahrgenommen werden kann, wie schon allein daraus hervorgeht, daß man vor Erfindung der Ferngläser sie gar nicht kannte. Wir besitzen keinen Licht-

messer, der eine so geringe Verminderung anzuzeigen im Stande wäre, und auf den Wärmemesser wirken gleichzeitig noch so viele andere unberechenbare Localursachen, daß hier gleichfalls nichts Bestimmtes erwartet werden darf. Im Gegentheil will Herschel I. wahrgenommen haben, daß häufigeres Bilden von Sonnenflecken die Wärme vermehre. An sich ist dies gar nicht unwahrscheinlich, denn der fleckenfreie Zustand ist doch wohl verhältnismäßig ein Zustand des Gleichgewichts und also der Ruhe, während die Fleckenbildung eine — wie auch immer herbeigeführte — Störung dieses Gleichgewichts, folglich Bewegung und erhöhte Thätigkeit voraussetzt. Bei dieser erhöhten Thätigkeit mag nun leicht auch die lichtspendende und wärmeerzeugende Kraft an Intensität gewinnen, und so auch unsere Erde befähigen, ihre Gaben in größerer Fülle und Güte uns darzubieten. Herschel stellte die Sonnenflecke mit den gleichzeitig in England stattfindenden Kornpreisen zusammen, um diesen Beweis zu führen. Aber es dürfte schwer sein, bei den häufigen Kriegen und der in Folge derselben wechselnden Handelsgesetzgebung, die beide so entscheidend auf die Kornpreise wirken müssen, einen Einfluß nachzuweisen, der nur in dem directen Ertrage der Ernten sich aussprechen kann. Erwarten wir auch hierin die Entscheidung von der Zukunft, der hauptsächlich aus allen Gegenden des Erdkörpers langjährige Beobachtungsdata zu Gebote stehen werden.

Aus einigen Beobachtungsreihen, namentlich denen, welche Maskelyne in Greenwich zwischen 1765 und 1804 anstellte, glaubte man eine fortwährende Verkleinerung des scheinbaren Sonnendurchmessers annehmen zu müssen, die also entweder eine wirkliche Verminderung des Volumens, einen Substanzverlust der Sonne, oder eine zunehmende Entfernung der Erde von derselben, zur Ursache haben mußte. In dem einen wie in dem anderen Falle müßte

nun aber das Erdjahr sich verlängern und zwar bei drei Secunden Abnahme (wie gefolgert wurde) um fast einen ganzen Tag. Da nun aber selbst eine 20,000 mal geringere Veränderung der Jahreslänge gewiß bemerkt worden wäre, so mußte man billig gegen eine solche Schlußfolgerung Bedenken haben. Neuere Sonnenbeobachtungen (wie die Königsberger und Dorpater), die gleichfalls eine Menge von Jahren in möglichst häufiger Wiederholung fortgesetzt worden sind und es noch immer werden, zeigen nichts von einer solchen Verminderung, die folglich in jenen Beobachtungen eine andere und wahrscheinlich subjective Veranlassung gehabt haben muß.

Wenn aber vollends einige Pseudoastronomen zu Gunsten irgend einer Lieblingshypothese auf die Beobachtungen der alten Völker sich berufen und aus den rohesten Angaben, wie sie den Babyloniern, Egyptern und andern Nationen zugeschrieben werden, eine Verminderung des Durchmessers der Sonne herleiten wollen, so zeigen sie damit nur ihre Unwissenheit und gänzliche Unfähigkeit, in solchen Dingen ein Urtheil zu haben. — Die beglaubigten und echten Beobachtungen der alexandrinischen Gelehrten geben den Durchmesser der Sonne und des Mondes eben so, wie eine Beobachtung mit bloßem Auge beide noch heut giebt; wobei freilich von einzelnen Secunden, wie leicht begreiflich, die Rede nicht sein kann.

Das Verhalten des Sonnenlichts im Prisma, im Brennspiegel, im Polarisations-Apparat u. dgl. ist weit mehr Gegenstand der Physik als der Astronomie. Nur der von Daguerre gemachten merkwürdigen Entdeckung der abbildenden Wirkung des Sonnenlichts auf iodirte Silberplatten möge hier noch gedacht werden, da namentlich im ersten Stadium dieser Entdeckung nicht Wenige sehr kühne Hoffnungen in Bezug auf eine dadurch zu bewirkende gänzliche

Umgestaltung der astronomischen Beobachtungskunst geäußert haben. Verfasser dieses wurde von einigen theilnehmenden Freunden alles Ernstes bedauert, daß er sechshundert Nächte an die Anfertigung einer Mondkarte gesetzt habe, die man doch nun ohne alle Mühe und viel genauer werde erhalten können. Meine Hoffnungen in dieser Beziehung sind viel beschränkter: sie bestehen darin, daß es vielleicht noch einst ermöglicht werden möchte, Bilder der Sonnenflecke auf daguerreotypischem Wege zu erhalten. Freilich ist noch manche nicht geringe Schwierigkeit zu bestreiten, ehe man an diesen Versuch gehen kann, wenn man nemlich nicht bloß ein Bild à toute condition erzeugen, sondern eine Darstellung haben will, wie die heutige Astronomie sie fordern muß. Ich will nur an das Eine erinnern, daß es nemlich nothwendig ist, dem Daguerreotyp während der Operation eine Bewegung um seine Axe zu geben, welche der gleichzeitigen scheinbaren Bewegung der Sonne am Himmel (die keineswegs eine einfache und gleichförmige ist) genau entspricht. Beim Monde ist die strenge Erfüllung dieser unerläßlichen Bedingung geradezu unmöglich.

Endlich möge noch der Schwere auf der Sonne gedacht werden. Wären Sonne und Erde von gleicher Dichtigkeit, so würde an der Oberfläche der Sonne eine Schwere stattfinden, 112 mal größer, als an der Erdoberfläche, nemlich so viel, als der Durchmesser größer ist. Die viermal geringere Dichtigkeit der Sonne bringt dies Verhältniß auf $\frac{1}{4}$ mal 112, also 28 herab. Ein Körper, der bei uns 4 Pfund wiegt, drückt also dort schon mit der Kraft eines Centners. Ein fallender Gegenstand legt nicht 15, sondern 420 Fuß in der ersten Secunde zurück, fällt also mit der Kraft eines Schusses. Unter solchen Umständen würde ein Hagelkorn uns tödten, und ein Ausstreten, wie wir es hier gewohnt sind, den Fuß zerschmettern. Wir würden die äußerste Anstrengung nöthig haben, um uns fortzubewegen, und nach

wenigen Schritten gänzlich erschöpft sein. Kein einziges lebendes Wesen auf unsrer Erde wäre solchen Einflüssen auf die Dauer gewachsen, mithin sind solche Geschöpfe, als sie bei uns angetroffen werden, auf der Sonne mit aller Bestimmtheit nicht vorhanden. Ob und wer sonst sich dort befinde, und wie er sich befinde — wer mag es entscheiden!

Wir müssen noch einiger Erscheinungen erwähnen, die in weiterem Sinne wenigstens ebenfalls der Sonne angehören. Zuerst des Ringes, der sich bei totalen Sonnenfinsternissen um die Sonne zeigt. Dieser Ring ist silberweiß und glänzt sehr lebhaft. So wenigstens hat er sich bei der letzten totalen Sonnenfinsterniß 1842 dargestellt. Andere haben ihn bei früheren Gelegenheiten röthlich oder auch in verschiedenen Farben gesehen; doch können hier wohl Täuschungen mit unterlaufen. Im Blendglase großer Fernröhre hat sich eine Spur dieses Ringes auch bei nahe totalen Finsternissen gezeigt, namentlich von Swinden und Bessel. Letzterer sah die Berge des Mondrandes auf's deutlichste darauf projicirt. Die merkwürdige, so selten und nur auf wenige Minuten sich darbietende Erscheinung läßt nicht wohl eine andere Erklärung zu, als die, welche Bessel gegeben, und auf welche der Verfasser bei einer anderen Gelegenheit schon früher hingedeutet hat, nemlich auf eine Lichthülle, welche auf sehr weite Entfernung hin die Sonne umgiebt, zu schwach, um in gewöhnlichen Umständen neben dem Sonnenlichte sich zu zeigen, aber sogleich hervortretend, sobald die Sonne (und zwar nur die Sonne) durch einen vortretenden Körper unserm Anblick entzogen wird. Wir müssen annehmen, daß diese schwächere Lichthülle sich wenigstens 15—20 Erddurchmesser weit von der Sonne aus erstreckt.

Auch das Zodiacaalicht, was sich am schönsten in tropischen Gegenden zeigt, scheint zur Sonne in näherer Be-

ziehung zu stehen. Es ist ein Lichtschimmer, dessen Vasis in der Untergangsgegend der Sonne den Horizont berührt und sich längs der Ekliptik weit fortzieht. Die sehr unbestimmte Begrenzung dieses Schimmers, der überdies in höhern Breiten, sowohl der Zeit als der Himmelsgegend nach, mit der Dämmerung größtentheils zusammenfällt, verhindert genaue Messungen; allein sowohl aus der Richtung, als aus der Zeit seiner besten Erscheinung (Anfang März und September) schließt man, daß es in die Ebene des Sonnen-Aequators falle, wenigstens dort die größte Verdichtung zeige und sich bis zur Marsbahn oder noch darüber hinaus erstrecke. Eine so stark erweiterte Atmosphäre der Sonne ist nicht wohl anzunehmen, wenigstens könnte sie nach bekannten Bewegungsgesetzen nicht bis auf so große Fernen hin die Rotation des Sonnenkörpers mitmachen, sondern nur höchstens bis auf $\frac{1}{3}$ des Weges von der Sonne zum Mercur, also noch nicht auf $\frac{1}{10}$ der von uns wahrgenommenen Erstreckung dieses Lichts. Räthselhaft, wie so Vieles im Weltenraume, wird die Erscheinung wohl immer bleiben, obgleich hier nicht, wie sonst häufig, eine zu große Entfernung die Schuld unserer Unkenntniß trägt; denn die Erde befindet sich zweimal im Jahre mitten in diesem Zodiacallicht, das aber alsdann nicht gesehen wird.

XIII.

Die Körper unsern Sonnensystems nach ihrer Stellung im Kosmos.

Wenn die allgemeine Wissbegier schon in früheren Zeiten, bei weitem mehr aber in den neueren, der Himmelskunde zugewandt war, so lag und liegt ihr noch vorzugsweise der Wunsch zum Grunde, von der natürlichen Beschaffenheit der fremden Weltkörper, insbesondere was ihre Oberfläche betrifft, etwas Näheres zu erfahren. Die Astronomie auf ihrem rein wissenschaftlichen Standpunkte konnte sich dieses Ziel nicht setzen, wenigstens nicht in erster Linie. Ihr Hauptzweck ist die Erforschung der Bahnen und der sie bestimmenden Naturgesetze. Die nähere physische Beschaffenheit der einzelnen Globen verweist sie zwar nicht aus ihrem Gebiete, konnte ihr aber doch bisher nur eine untergeordnete Aufmerksamkeit schenken. Dagegen betrachtete die Mehrzahl des Publicums die Astronomie vorzugsweise aus dem letztern Gesichtspunkte. So geschah es, daß die wichtigsten und schwierigsten Untersuchungen, die der Wissenschaft eine ganz neue Gestalt gaben, wie beispielsweise die in der mécanique céleste enthaltenen, außer dem Kreise der eigentlichen Astronomen kaum historisch bekannt, ja häufig ganz unbeachtet geblieben sind, während man mit Begierde nach den bedeutendsten Producten griff, sobald sie nur recht kühne und der Phantasie Nahrung gebende Behauptungen über Beschaffenheit und Bestimmung der Weltkörper, über ihre Bewohner u. dgl. aufstellten, ja selbst völlig werthlose, rein lügenhafte Erzeugnisse, wie noch vor wenigen Jahren die lächerlichen pseudo-Herschel'schen Mondbeobachtungen, ein dankbares ja heißhungeriges Publicum fanden.

Der Grund dieser Wüßbegier ist gleichwohl nicht zu tadeln: sie soll auch keinesweges unterdrückt und entmutigt, wohl aber richtig geleitet werden. Dazu aber gehört vor Allem, daß gewisse sanguinische Hoffnungen und Erwartungen in diejenigen Grenzen verwiesen werden, welche die Natur unsern Erforschungen unerbittlich gesteckt hat.

Es ist wahrhaft betrübend zu sehen, daß theilweise selbst Männer, denen ihr Beruf es zur Pflicht gemacht hätte, sich und Andere vor Irrthümern und unbegründeten Muthmaßungen zu verwahren, diese Grenzen verkannt und so den unwissenden Phantasten ein leichtes Spiel bereitet haben. Oder wird etwa die Achtung vor der Wissenschaft bei Kennern wie bei den Laien nicht gefährdet, wenn diese ihm alles Ernstes statistische Data über die Regierungswechsel auf der Venus und über die dabei stattfindenden Festlichkeiten, über die Civil- und Militär-Architektur auf dem Monde, über die Veranlassung der Kriege auf dem Jupiter, die Handelsbeziehungen auf Saturn und ähnliche Dinge bietet? Mögen die Romanschreiber, wenn sie den Stoff, den ihnen die mütterliche Erde bietet, erschöpft haben sollten, sich an dergleichen Dingen versuchen, möge der phantastereiche Leser die gemessenen aber für uns leeren Räume mit beliebigen Bildern erfüllen, dagegen ist nichts einzuwenden. Aber daß solche poetisirende Excurse sich in ein gelehrtes Gewand hüllen und mit der Miene wissenschaftlicher Bedeutung auftreten — dies streng zu rügen ist Pflicht für den, dem es mit wahren Fortschritten Ernst ist.

Sollen wir denn aber — höre ich fragen — von den Bewohnern fremder Weltkörper gar nichts wissen? Ich meine ja, und sogar ziemlich viel. Wir können — nicht meinen, glauben und muthmaßen, sondern wissen:

die Ordnung und Folge der Himmelserscheinungen für ihren Wohnort und die besondere Art, wie sie sich ihnen darstellen;

die Ordnung der Jahres- und Tageszeiten für die verschiedenen Punkte ihrer Oberfläche, ganz wie für unsere Erde selbst;

die Mittel, welche ihnen das Universum bietet, ihre Zeiteintheilung einzurichten;

die ihnen von dieser Seite gebotene Gelegenheit, die Wahrheiten des Universums zu erforschen; ihren Kalender schreiben, und zwar in allen wesentlichen Beziehungen so genau als unsern eigenen;

die Schwere an ihres Planeten Oberfläche, vielleicht das wichtigste Moment für die ganze physische Constitution eines Weltkörpers, genau bestimmen;

die Dichtigkeit des Planeten, sowohl verglichen mit unserer Erde, als auch absolut genommen; endlich

die Stärke der Erleuchtung und — soweit sie nur von der Sonne abhängt — auch der Erwärmung an des Planeten Oberfläche finden;

und dieses Alles mathematisch begründen, ohne für irgend eine Hypothese um Aufnahme zu bitten; wir können es sogar unabhängig von der Frage über die Existenz der Planetenbewohner: eine Frage, die übrigens nach Aufstellung und Begründung dieser Thatfachen einen ganz andern Standpunkt gewinnt als früher. Sive sint, sive non sint! Die Knospe in einer menschenleeren Wüste blüht nicht minder auf und entfaltet nicht geringere Farbenpracht, ob auch kein denkendes, ja sogar kein lebendes Wesen sich ihrer erfreut. Dieselbe Sonne, die unsern Tagen leuchtet, steigt empor am Horizont jedes Planeten, jedes Trabanten, und vollführt ihren gemessenen Lauf, unbekümmert wen oder was sie bescheine.

Zu diesen auf sicherem Fundament ruhenden Thatfachen kommen noch einige andere Wahrnehmungen hinzu, deren Deutung freilich nie ganz gelingen wird und wo man sich mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit behelfen muß:

Wahrnehmungen, die sich auf die besondere Oberflächenbeschaffenheit, die klimatischen und atmosphärischen Verhältnisse beziehen oder doch zu beziehen scheinen. Auch hier ist wohl Einzelnes, z. B. die Angaben über die Höhe und Gestalt der Mondberge, zur Gewißheit zu erheben. Solche Wahrnehmungen nun möglichst zu vermehren und sicher zu constatiren, ist ein Hauptzweck der größern optischen Werkzeuge, auf die man in neueren Zeiten so großen Fleiß und Scharfsinn verwandt hat. Gewiß werden sie uns in Zukunft beträchtlich weiter führen, ja wir dürfen die Hoffnung fassen, daß unser Mond nicht der einzige Weltkörper bleiben werde, von dem man ein verhältnismäßig genaues und treues Bild entwerfen kann^{o)}. Aber nur ein gänzliches Verkennen der ungeheueren Entfernungen; nur ein maßloses Ueberschätzen dessen, was auch selbst das vollkommenste optische Instrument leisten kann; nur ein Ignoriren der großen praktischen Schwierigkeiten, deren einige, wie namentlich die im Zustand unserer Atmosphäre begründeten, über eine gewisse Grenze hinaus ganz unbeseigbar sind, konnte hoffen, die Seleniten auf ihren Reisen zu begleiten oder ihre Architekten bei der Arbeit zu belauschen.

Der Zweck dieses Briefes geht nun dahin, die oben im allgemeinen Umriss aufgezählten, von den Umlaufs- und Rotationsverhältnissen, den Massen, Durchmessern und Dichtigkeiten der Weltkörper abhängenden und folglich astronomisch nachweisbaren Verhältnisse für die einzelnen Körper unseres Sonnensystems zu betrachten. In einem folgenden, den ich absichtlich von diesem gänzlich trenne, mögen sodann auch die

^{o)} Nur wird man, wenn die Riesfernrohre ihre volle optische Kraft bewahren und Resultate von möglichster Schärfe geben sollen, sie nicht in die nördlichen Nebel versetzen, sondern ihnen Klimate anweisen müssen, in denen ein heiterer Himmel die Regel bildet.

Notizen der erwähnten zweiten Classe gesammelt und die wahrscheinlichen Folgerungen aus ihnen abgeleitet werden.

Voraus die Bemerkung, daß das Firmament in Abticht auf die gegenseitige Stellung und Entfernung der Fixsterne und ihren verhältnismäßigen Glanz für alle Körper des Sonnensystems dasselbe ist. Unsere Globen und Sternkarten bleiben brauchbar für jeden dieser Körper, nur ihre Grundeintheilung und Aufstellung müßte sich nach den jedesmaligen Umständen modificiren. Zu diesem Schlusse berechtigt uns die ungemeine Kleinheit der Fixsternparallaxen in Beziehung auf die Erdbahn. Um z. B. den Ort des uns wahrscheinlich nächsten Fixsternes, α Centauri, nur um den scheinbaren Mondsdurchmesser verändert zu finden, müßte man sich an einen Ort versetzen, der 100 mal weiter als Uranus, oder 40,000 Millionen Meilen von der Sonne entfernt wäre; und um eine Veränderung des Glanzes, also z. B. Sirius nicht als hellsten Fixstern, oder Castor und Pollux einander gleich zu finden, noch ungleich weiter. Ein Erdastronom würde, an welchen Punkt des Sonnensystems er auch versetzt werden möchte, am Himmel auf der Stelle Bescheld wissen und sehr bald erforscht haben, wo er sich befinde.

Die Sonne und den Erdmond übergehen wir hier vorläufig, da ihnen eigene Abschnitte gewidmet werden sollen.

Mercur.

Wir kennen seine Rotation nur beiläufig und die Neigung seines Aequators noch gar nicht; erstere wird 24 Stunden 5 Minuten gesetzt (Schröter und Harding), seine Masse ist etwa $\frac{1}{4,800,000}$ der Sonnenmasse (Encke), der Durchmesser 671 Meilen (Vessel) und die Umlaufzeit, nach Erdbentagen berechnet, 87 Tage 23 Stunden 15' 46". Hiernach ist er im Verhältniß 6:5 dichter als die Erde, überhaupt aber der dichteste aller Planeten.

Sein aus $86\frac{2}{3}$ Sonnentagen bestehendes Jahr theilt sich, der großen Excentricität wegen, in Jahreszeiten von sehr ungleicher Länge; es ist aber nicht möglich, sie einzeln anzugeben, da wir die Richtung seiner Axe noch nicht kennen. Seine Tage sind, ganz abgesehen von der Jahreszeit, sehr ungleich erhellte; im Aphelio ist das Licht der Sonne auf ihn 5 mal, im Perihelio 11 mal heller als auf unserer Erde; die Sonne erscheint ihm im ersteren Falle unter einem Durchmesser von $68\frac{4}{7}$ Minuten, im Ieptern von $99\frac{1}{3}$. Auch sind die Sonnentage, d. h. die Zeit von einem Mittag zum andern, im Perihelio volle 15 Minuten länger als im Aphelio. — Verfinsterungen kennt er nicht; kein Planet — wenigstens kein uns bekannter — kann für ihn durch die Sonne gehen; sie kommen vielmehr sämmtlich in Opposition, zieren seinen Nachthimmel, und ihre, der Fixsterne, tägliche Bewegung ist nahezu dieselbe, wie bei der Erde. Venus steht er zwar nur wenig größer als wir, aber ganz ungleich glänzender, so daß sie hinreichen muß, einer Landschaft Licht und Schatten zu geben. Auch die Erde erscheint ihm groß und glänzend, so wie auch ihr Mond; alle übrigen Planeten, und ganz besonders Mars, dagegen schwächer als bei uns. Eine merkliche Phasengestalt kann er an keinem einzigen Weltkörper wahrnehmen.

Ein Pfund hat dort nur das Gewicht von $15\frac{1}{2}$ Loth, der Fall der Körper in der ersten Secunde ist $7\frac{1}{4}$ Fuß, die Länge des einfachen Secundenpendels $1\frac{1}{2}$ Fuß. Diese Größen sind nahezu dieselben für alle Punkte der Mercursfugel.

Venus,

„welcher der schönste erscheint von den Sternen des Himmels.“
Homeros.

Ihre Rotation ist (nach de Vico) 23 Stunden; die Lage ihrer Axe noch unbekannt, der Durchmesser 1710 Meilen,

die Masse $\frac{1}{401,800}$; endlich die Umlaufszeit 224 Tage 16 Stunden 49' 7" Erdenzeit.

Ihr aus 224 Sonnentagen bestehendes Jahr theilt sich (wegen der sehr geringen Excentricität) in etwa gleich lange Jahreszeiten; der Unterschied in der Länge der Sonnentage ist ebenfalls sehr gering, und dasselbe gilt von der Stärke der Erleuchtung, da der Durchmesser der Sonne nur zwischen 44 Minuten 32 Secunden und 43 Minuten 56 Secunden schwanken kann.

Nur Mercur geht ihr durch die Sonne, allein ungleich häufiger als für uns; auch erscheint er ihr dann merklich größer. Die Erde dagegen ist bei weitem der glänzendste Stern am nächtlichen Venusshimmel und ihr Glanz in den Oppositionen (die 600 Venustage auseinander liegen) ist etwa 6—8 mal stärker als der, welchen Venus für uns erreichen kann; selbst der Erdmond überglänzt noch den Mars, der freilich dort weniger hell als bei uns ist. Von keinem Hauptplaneten aus wird die Erde so groß und glänzend wahrgenommen als von der Venus. Die Mondfinsternisse sind, was die Momente betrifft, von Venus aus fast so gut als von der Erde aus zu beobachten; auch steht sie dort alle Phasengestalten, die Erde und ihr Mond dagegen zeigen ihr nur einen sehr geringen Phasenwechsel.

Die tägliche Bewegung der Gestirne ist dort nur um ein Geringes schneller als für uns. Die nahe gleiche Größe, nur wenig verschiedene Masse, und die gleichfalls ziemlich übereinstimmende Rotationszeit beider Weltkörper sind Ursache, daß Alles, was vom Verhältniß der Schwere abhängt, dort und hier fast gleich ist. Ein Pfund auf der Erde wiegt dort $28\frac{1}{2}$ Loth.

Erde.

Von ihr soll hier nur in sofern die Rede sein, als die Frage, welche Veränderungen die Stellung der Erde im Verlaufe der Jahrtausende erfahren werde, oder seither erfahren habe, eine oft angeregte ist und ihre Wichtigkeit für das Menschengeschlecht keinem Zweifel unterliegt.

Die sorgfältigsten Untersuchungen, geführt auf den verschiedensten Wegen, haben uns keine Veränderung der Lage der Erdoaxe, in Beziehung auf die Erde selbst, kennen gelehrt^{*)}. Der Aequator und die Pole lagen in grauester Vorzeit da, wo sie jetzt liegen, und werden dies auch in spätester Zukunft. Alle Veränderungen, welche das Klima einzelner Landstriche oder auch der ganzen Erde erfahren hat und noch erfahren könnte, müssen auf ganz andere Weise erklärt werden, und es competirt überhaupt diese ganze Frage nicht zur Astronomie, sondern zur Geologie.

Dagegen ist die Lage der Axe in Beziehung auf den Weltraum einer Veränderung unterworfen, und zwar einer zweifachen. Erstens beschreibt sie einen Kreis um die Pole der Ekliptik innerhalb 25,600 Jahren, nach welcher Zeit ihre Lage am Himmel wieder dieselbe ist. Diese Veränderung hat zur Folge, erstens, daß das Jahr constant 20 $\frac{1}{2}$ Minuten kürzer ist, als es ohnedieß sein würde;

^{*)} Aus den Polarsternbeobachtungen, welche Dr. Peters an einem vorzüglichem 'Crel'schen' Passageninstrument gemacht hat und noch fortsetzt, scheint zu folgen, daß die Erdoaxe auf der Erde einen kleinen Kreis von 7 Fuß Durchmesser um die mittlern Erdpole beschreibe, dessen Periode 10 Monate ist. Doch wagt er hierüber noch nicht zu entscheiden, da eine so überaus kleine Größe sich gar wohl aus verschiedenen anderen Ursachen, die bei der Beobachtung mitwirken, erzeugt haben kann. Eine so kleine Abweichung von dieser kurzen Periode würde übrigens der Theorie nicht widersprechen.

zweitens, daß dieselben Gestirne demselben Orte nicht für alle Zeiten sichtbar bleiben und so auch der Pol nach und nach zu andern Sternen rückt.

Für den Nordpol des Himmels gilt folgender Cyclus von Polarsternen:

4000 J. v. Chr.	ϵ des Drachen	(3)	4° vom Pole
1700 =	α des Drachen	(2)	fast ganz genau
2150 J. n. Chr.	α d. kleinen Bären	(2)	20' vom Pole
4200 =	γ des Cepheus	(3)	1° 50' vom Pole
6000 =	β des Cepheus	(3)	4° vom Pole
7500 =	α des Cepheus	(3)	2° =
10200 =	α des Schwans	(1)	7° =
11400 =	δ des Schwans	(3)	3° =
13800 =	α der Leyer	(1)	5° =

Diesen glänzendsten aller Polarsterne folgen dann 7800 Jahre lang nur Sterne der 4 und geringerer Größe, bis 21600 n. Chr. der erwähnte Cyclus, wiewohl nicht in ganz gleicher Weise (wegen der inzwischen erfolgten Eigenbewegungen der Sterne) wieder beginnt.

Die angeführten Zeitpunkte sind die, wo der betreffende Stern dem Pole am nächsten steht, und die eingeklammerte Zahl bezeichnet ihre Größe. — Unser gegenwärtiger Polarstern behauptet diesen Rang etwa seit 2000 Jahren: Adam sah ϵ des Drachen, Moses α des Drachen als Polarstern, Alexander der Macedonier sah keinen Stern von einigem Glanze in des Poles Nähe, denn der jetzige stand über 14° von ihm ab. — Die von jetzt ab noch durch 3 Jahrhunderte fortwährende Abnahme der Distanz des Polarsterns vom Pole ist ein sehr glücklicher Umstand für die Bestimmung gewisser Grundwurzeln, die der Astronom in allen seinen Rechnungen bedarf.

Der Südpol entbehrt jetzt und wird stets entbehren (es sei denn nach Hunderttausenden von Jahren) einer so

bequemen Beziehung auf einen glänzenden Stern, und man kann als gewiß annehmen, daß hauptsächlich aus diesem Grunde die Orte der Nordhalbkugel ihrer Polhöhe nach stets genauer gegeben sein werden, als die der südlichen.

Mehrere jetzt in Europa sichtbare Sternbilder werden in Folge dieser Aenderung unsichtbar und umgekehrt. Für Berlin (und Norddeutschland überhaupt) werden nach und nach über den Horizont rücken: die südliche Krone, der Kranich, der Wolf, der Centaur, der Indianer, der Altar, der Pfau, der Paradiesvogel, das kleine schöne Sternbild des Kreuzes, der südliche Triangel, der Toucan und einige jetzt nicht sichtbare Theile des Erdbanus und des Schiffs. — Verschwinden dagegen werden an diesen Orten für mehrere Jahrtausende: der Orion, der große Hund, das Einhorn, der Hase, die Taube, der kleine Hund, die Wasserschlange, der Bocker, der Rabe, Theile des Schiffs und des Centauren, der südliche Fisch, der größte Theil des Wallfisches.

Der Aequator des Himmels wird ebenfalls durch ganz andere Sterne gehen, als jetzt. Wenn α der Leyer den Polarstern macht und der jetzige Frühlingsnachtgleichenpunkt die Herbstnachtgleiche bildet, zieht er durch folgende Sterne und Sternbilder:

Band der Fische, nördlicher Fisch, kleiner Triangel, Kopf der Medusa, Perseus, Fuhrmann (nahe bei Capella), Luchs, großer Bär, Jungfrau, Wasserschlange, Wolf, Scorpion, Altar, südliche Krone, südlicher Fisch, Wassermann.

Eine zweite Veränderung ist die, welche die Lage der Erdbahn durch die störende Einwirkung der Planeten erfährt. Dadurch wird die Schiefe der Ekliptik und folglich auch der Unterschied der Jahreszeiten und Tageslängen geändert. So hatte die Gegend um Berlin vor 6000 Jahren Tageslängen, wie sie jetzt Stettin hat, und nach vielen Jahrtausenden wird es dahin kommen, daß es die gegenwärtigen

Tageslängen Prags hat. Dies ist beiläufig der größte Spielraum der Veränderungen, denn es erfolgt an den angegebenen Grenzen eine Umkehr. Die Ekliptik wird nach wie vor durch dieselben Sternbilder, nur nicht genau an den jetzigen Sternen, vorüberziehen; die klimatischen Veränderungen aber, welche die Erde dadurch erfahren wird, oder in der Vorzeit erfahren hat, sind fast unmerklich, da nur allein der Unterschied der Jahreszeiten um eine Kleinigkeit, die Mitteltemperatur einer Gegend aber gar nicht geändert wird.

Noch eine Veränderung betrifft die Lage des Perihels der Erdbahn. Jetzt fällt die Sonnennähe in den Winter der Nordhalbkugel und etwa 10 Tage nach dem Solstitium. Nach 58 Jahren wird sie einen Tag später einfallen, und nach 10000 Jahren die Erbnähe mit dem längsten Tage der Nordhalbkugel übereinstimmen. Dies hat einen kleinen Einfluß auf die Dauer der Jahreszeiten. Gegenwärtig kann man für die Nordhalbkugel rechnen:

Winter	89 Tage.
Frühling	92 $\frac{1}{2}$ "
Sommer	93 $\frac{1}{2}$ "
Herbst	90 "

Nach 10000 Jahren wird man dagegen haben:

Winter	93 $\frac{1}{2}$ Tage.
Frühling	89 "
Sommer	89 "
Herbst	93 $\frac{1}{2}$ "

Dagegen wird die Intensität der Sommerwärme nur sehr wenig zunehmen, auch die Winterkälte nur ganz unmerklich stärker sein als jetzt. Wäre die Excentricität der Erdbahn größer, etwa wie die des Mercur, so könnte die Veränderung fühlbarer sein; allein die jetzige Excentricität

der Erdbahn ist nahezu die größte, welche sie erhalten kann, und sie wird in Zukunft noch abnehmen.

Mars.

Rotationsperiode $24^h 37' 22''$ (nach meinen Beobachtungen.)

Neigung des Aequators gegen die Bahn $28^\circ 42'$ Herschel I.

Aufsteigender Knoten $257^\circ 30'$

Durchmesser 892 Meilen.

Masse $\frac{1}{2}, 680,000$.

Umlaufzeit 686 T. $23^h 30' 41''$.

Die Einteilung seines aus $668\frac{2}{3}$ Sonnentagen bestehenden Jahres ist gegenwärtig die folgende:

Nordhalbkugel. Südhalbkugel.

Frühling $191\frac{1}{3}$ T. Herbst,

Sommer 181 = Winter,

Herbst $149\frac{1}{3}$ = Frühling,

Winter 147 = Sommer,

eine allerdings sehr bedeutende Ungleichheit, mit der sich noch eine zweite und in gewisser Beziehung compensirende verbindet: die Intensität des Sonnenlichts im nördlichen Sommer verhält sich zu der im südlichen wie 20 zu 29. Hieraus folgt für die nördliche Halbkugel ein längerer, aber wenig intensiver Sommer, und ein kurzer milder Winter, für die Südhalbkugel dagegen ein kurzer heißer Sommer und ein langer strenger Winter, so weit nemlich die Temperatur von der Sonne abhängig ist.*) Theilen wir den Mars wie die Erde in Zonen, so bekommen die kalte einen Halbmesser von $28^\circ 42'$, die gemäßigten jede eine Breite von $32^\circ 36'$;

*) Bei Mars dürfen wir dieses um so eher annehmen, als die Beobachtungen der weißen Flecke an seinen Polen, die man für Schnee zu halten Ursache hat, den hier angegebenen Verhältnissen der Jahreszeiten sehr gut entsprechende Veränderungen dargethan haben.

die heiße eine von $57^\circ 24'$. Fast die Hälfte der Kugeloberfläche (0,48) gehört hiernach der heißen Zone und bekommt die Sonne zu Zeiten ins Zenith; der Flächeninhalt beider gemäßigten ist 0,40 und der der kalten 0,12. Die Ungleichheiten der Jahres- wie der Tageszeiten sind auf dem Mars größer als auf der Erde. Die mittlere Dauer des Tages ist 12 St. $19' 47''$; allein weiter findet sich

	Längster Tag.	Kürzester Tag.
für 40° Br.	$16^h 14'$	$8^h 25\frac{1}{2}'$
= 50° =	$17^h 54'$	$6^h 45\frac{1}{2}'$
= 60° =	$22^h 10\frac{1}{2}'$	$2^h 29'$

so daß schon unter dem $42\frac{1}{2}^\circ$ (auf der Erde erst unter Breite 49°) der längste Tag das Doppelte des kürzesten, unter 52° das Dreifache, unter $57\frac{1}{2}^\circ$ das Fünffache u. s. w. beträgt. Hierzu gesellt sich noch eine zweite Quelle der Ungleichheit: in Folge der starken Excentricität und Neigung können von einem Meridiandurchgange der Sonne zum andern einmal $24^h 38'$ und ein anderes Mal $24^h 41'$ verfließen.

Für Mars können Mercur, Venus und die Erde mit ihrem Monde durch die Sonne gehen; doch sind diese Vorgänge im Ganzen etwas seltener als bei uns, des kleinern Durchmessers der Sonne wegen (der zwischen $19\frac{1}{5}'$ und $23'$ variiert), der auch bewirkt, daß Erleuchtung und Erwärmung (solare) dort nur 0,52 in der Sonnennähe und 0,36 in der Sonnenferne betragen (die Erderleuchtung = 1 gesetzt). Den nächtlichen Marshimmel zieren die obern Planeten etwa eben so wie den unsrigen; die Wahrnehmung der untern ist von dort aus weniger günstig. Die Erde ist dem Mars, was Venus der Erde ist, der glänzendste Stern des Firmaments, doch nur etwa halb so hell als Venus uns.

Nur in Bezug auf die kleinen Planeten genießt Mars einlge, doch nicht sehr erhebliche Vortheile vor unsrer Erde,

am meisten für Juno und Pallas, die von ihm aus am besten erscheinen.

Die Fixsterne haben dort eine nur wenig langsamere tägliche Bewegung, als bei uns. Der Aequator macht dort mit der Milchstraße einen Winkel von nur etwa 35° , an seinem Südpol steht einer der schönsten Sterne des Himmels, Achernar, der Hauptstern im Eridanus.

Die Schwere, der Fall der Körper u. s. w. sind auf dem Mars fast genau halb so groß als auf der Erde, für Pol und Aequator sind die Unterschiede der Schwere nur gering.

Die vier kleinen Planeten.

Bei den bisher betrachteten Körpern zeigte sich eine sehr große Aehnlichkeit sämmtlicher allgemeinen Beziehungen, so daß man die Möglichkeit einer gewissen Analogie auch der übrigen physischen Verhältnisse zugeben muß. Die Erde hat durch ihren Mond vor den andern Nachbarplaneten den Vorzug, wenigstens einen fremden Weltkörper genau erkennen zu können; während Mercur die günstigste Gelegenheit für eine Kenntniß der Sonne und der Venus hat; im Uebrigen gestalten sich die astronomischen Phänomene für alle 4 Planeten ziemlich gleich. Setzt aber kommen wir zu einer Reihe von Weltkörpern, deren nähere Beschaffenheit wir zwar sehr wenig kennen, die aber in jedem Betracht, wie schon aus der Gestalt ihrer Bahnen hervorgeht, sich von den vorhergehenden wesentlich unterscheiden. Sie sind sämmtlich sehr klein, und ihre wahre Größe zu bestimmen, wird auch für die bestger künftiger größerer Fernrohre eine sehr schwierige Aufgabe bleiben. Von einem derselben, Pallas, haben wir von Lamont eine Messung, die ihm 145 Meilen Durchmesser giebt; die früheren Versuche, sowohl diesen, als die der andern kleinen Planeten zu bestimmen, litten an zu großen Unvollkommenheiten. Für Juno erhielt ich im

Jahr 1843 zwar kein directes Resultat, überzeugte mich jedoch, daß der Durchmesser nicht über 80 Meilen betragen könne. Für Vesta gab eine ältere Bestimmung 58 Meilen. Hiernach sind sie dem Volumen nach 2000 bis 10000 mal kleiner als unsre Erde.

Leicht zu erachten ist hiernach, daß ihre Umdrehungszeit, die Lage ihrer Axe u. dgl. gänzlich unbekannt sein werden. Wir haben nur die Elemente ihrer Bahn und wissen, daß diese sehr starken Veränderungen unterworfen sind, und daß sie alle, am meisten Juno und Pallas, sehr starke Excentricitäten haben. Auch ihre Massen und Dichtigkeiten sind uns völlig unbekannt.

Setzen wir die Stärke der Erderleuchtung durch die Sonne = 1, so haben wir

	Sonnennähe.		Sonnenferne.	
	Durchmesser der Sonne.	Erleucht.	Durchm. der Sonne.	Erleucht.
Vesta . .	14' 54"	0,22	12' 26"	0,15
Juno . .	16' 10"	0,26	9' 32"	0,09
Ceres . .	12' 32"	0,16	10' 43"	0,11
Pallas . .	15' 13"	0,23	9' 18"	0,08

Wenn die Stärke der Erleuchtung und Insolation sich wie bei Pallas und Juno auf den dritten Theil vermindern kann, so muß eine von der Neigung der Axe ganz unabhängige Verschiedenheit der Jahreszeiten zu dem hinzukommen, was durch diese Neigung bewirkt wird. Nehmen wir bei Juno und Pallas die Neigung der Axe gleich Null oder sehr klein an — ein sehr möglicher, bei Jupiter und unserm Monde wirklich stattfindender Fall — so bleiben diese Excentricitäts-Jahreszeiten die einzigen. Alsdann hätten nicht die beiden Halbkugeln wechselseitig, sondern der ganze Planet gleichzeitig einen kürzern Sommer und einen längern Winter, dabei aber keine Ungleichheit der Tage und Nächte, eine unbedeutende ausgenommen, die aber

so beschaffen ist, daß im Sommer sowohl Tage als Nächte etwas länger als im Winter sind. Setzen wir einen andern Fall, nemlich den, daß der Nordpol des beträchtlich geneigten Aequators gleiche Länge mit dem Aphellium habe, so hat die Nordhalbkugel einen kurzen sehr heißen Sommer und einen langen strengen Winter, die Südhalbkugel dagegen empfände wenig oder nichts von einer Temperaturverschiedenheit der Jahreszeiten, da die Sonnennähe mit ihren kurzen Tagen, die Sonnenferne mit den längern zusammenfielen. Man kann, bei unsrer Unbekanntschaft mit dem wahren Sachverhältniß, noch manche andre Lagen annehmen, die zum Theil auf einen sehr sonderbar verwickelten Jahreszeiten-Cyclus führen, in keinem Fall aber auf solche, wie sie möglich sind bei Planeten von mäßiger Excentricität.

An ihrem nächtlichen Himmel ist Jupiter bei weitem das glänzendste Gestirn, und seine Oppositionen liegen 6—7 Erdjahre aus einander. Sie selbst kommen einander zwar zuweilen sehr nahe (Vesta und Ceres bis auf 2 Millionen, Pallas und Ceres auf $1\frac{1}{2}$ Mill. Meilen, nach den gegenwärtigen Elementen), müssen aber auch dann noch ziemlich unscheinbar bleiben. Dem Jupiter kann Pallas sich bis auf 37 Mill. Meilen nähern und ihn dann 110 Secunden groß erblicken; das unbewaffnete Auge eines Erdbewohners würde in solcher Nähe auf den ersten Blick die 4 Jupitersmonde erkennen. Saturn und Uranus sieht man von den kleinen Planeten aus nur wenig besser als bei uns; die untern Planeten vom Mars an schlechter; Venus und Mercur wahrscheinlich gar nicht mehr.

Durchgänge der Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars durch die Sonne beobachten sie, aber sehr selten: erst nach einigen Jahrhunderten ereignet sich für Juno oder Pallas ein Phänomen dieser Art.

Die Schwere auf diesen Körpern muß überaus gering sein. Gewiß schätzen wir reichlich, wenn wir ihre Dichtigkeit der der Erde gleich setzen, da diese nach Mercur der dichteste aller bekannten Weltkörper ist. Alsdann würden die Fallhöhen sich wie die Durchmesser verhalten, also für Pallas ein zwölffmal, für Juno ein zwei und zwanzigmal, für Vesta ein dreißigmal langsamerer Fall als für die Erde, oder resp. von 15 Zoll, $8\frac{1}{2}$ Zoll, $6\frac{1}{4}$ Zoll in der ersten Secunde stattfinden. Die Pendellängen würden gar auf 3, $1\frac{2}{3}$, $1\frac{1}{4}$ Zoll herabsinken. Wir würden im Anblick einer solchen Bewegung Anstand nehmen, sie als ein Fallen zu bezeichnen und ein sanftes, allmähliges Herabschweben wahrnehmen, gefahrlos für einen Sprung von dem höchsten unsrer Thürme herab. Das Gewicht eines Pfundes würde sich auf 2 bis 1 Loth vermindern. Die Körperkraft eines Erdbewohners würde dort die unglaublichsten Dinge ausführen können.

Jupiter.

Hier gelangen wir an ein größeres System, und zwar an ein verhältnißmäßig sehr genau bekanntes.

Für den Hauptkörper haben wir folgende gut verbürgte Data:

Rotation	= 9 ^h 55' 26,56"
Neigung des Aequators gegen die Bahn =	3° 5'
Länge des Nordpols	44° 30'
Durchmesser des Aequators	20018 Meilen.
Polardurchmesser	18524 "
Masse	$\frac{1}{1047}$

Die Excentricität seiner Bahn ist nur mäßig, eben so ihre Neigung gegen die Erdbahn.

Sein Jahr, aus 10477 Sonnentagen bestehend, theilt sich in nur wenig unterschiedene Jahreszeiten. Die Höhe der Sonne für einen gegebenen Ort kann sich nur um 6° 10'

ändern; für die Verschiedenheit der Tageslängen genüge Folgendes:

	Längster Tag.		Kürzester Tag.	
40° Br.	5 ^h	6' 25"	4 ^h	19' 14"
60° "	5 ^h	15' 47"	4 ^h	39' 53"

während der mittlere Tag 4^h 57' 49,5" beträgt.

Erst jenseit des 86° 55' kommen Gegenden vor, die an einander hängende Tage oder Nächte von mehreren Rotationen haben, und für die dem Aequator benachbarten Gegenden wird der einzige, nur wenige Secunden betragende Unterschied in der Excentricität der Bahn zu suchen sein. Die Stärke der Erleuchtung u. s. w. durch die Sonne ist $24\frac{1}{2}$ — $29\frac{1}{2}$ mal schwächer als die der Erde, und etwa so stark, wie sie bei ringförmigen Sonnenfinsternissen durchschnittlich angenommen werden kann. Die Sonne erscheint ihm unter einem Winkel von 6' 28" bis 5' 52".

Ekliptik und Aequator sind für ihn wenig verschieden; die Gestirne bewegen sich aber dort $2\frac{1}{2}$ mal rascher als bei uns. Nur den Saturn sieht er erheblich besser, als irgend ein anderer Planet, von den übrigen insgesammt sehr wenig, wohl kaum noch unsre Erde. Durchgänge der acht unter ihm stehenden Planeten sind zwar nicht so sehr selten, aber schwer wahrzunehmen. Eine herrliche Bierde seines nächstlichen Himmels sind seine 4 Monde, die in seinem Horizont unter folgenden Durchmessern erscheinen:

31' 11"	(fast wie unser Mond)
17' 35"	
18' 0"	
8' 46"	

Im Zenith dagegen sind sie beträchtlich größer, nemlich:

37' 26"
20' 39"
19' 12"
9' 6"

welche Größen nur sehr kleinen Veränderungen unterworfen sind. Es können zuweilen alle 4 Monde zugleich über dem Horizont eines gegebenen Ortes erscheinen, weit häufiger jedoch tritt der entgegengesetzte Fall ein, daß nemlich keiner gesehen wird. Die große Nähe dieser Monde ist nemlich Ursache, daß sie nie der halben Jupiterskugel, sondern einem merklich geringern Theile gleichzeitig sichtbar sind, nemlich:

der erste Mond	0,414	der Oberfläche Jupiters
der zweite	0,446	"
der dritte	0,466	"
der vierte	0,481	"

Diese nicht unbedeutende Verminderung des Mondscheins wird desto merklicher, je weiter man sich vom Aequator entfernt, und hierzu kommen nun noch die Finsternisse, die dem Jupiter regelmäßig den besten Theil des Mondscheins, nemlich alle Vollmonde der drei innern und die meisten des äußeren Mondes rauben. Diese Finsternisse sind so häufig und ihre Dauer so beträchtlich, daß gar nicht selten durch sie allein eine Nacht alles Mondscheins beraubt wird. Am häufigsten sind die des ersten Mondes, die alle $42\frac{1}{2}$ Stunde eintreten.

Da übrigens diese Monde eben so schwach als Jupiter selbst von der Sonne erleuchtet werden, so ist auch ihr Licht mit dem unsers Mondes nicht in Vergleichung zu stellen. Nur verhältnismäßig, nemlich als aliquoten Theil des Sonnenscheins betrachtet, kann man sagen, daß dem Jupiter der erste Mond etwa so stark als unser Mond leuchte

der zweite	"	$\frac{1}{3}$	"	"	"	"
der dritte	"	$\frac{1}{3}$	"	"	"	"
der vierte	"	$\frac{1}{15}$	"	"	"	"

Nun aber giebt es Gegenden auf der Kugel Jupiters ohne allen Mondschein, über deren Horizont sie sich

nie erheben. Jenseit des 81° Br. hört man auf, den ersten Mond zu sehen, in $84\frac{1}{2}^{\circ}$ geht der zweite, in $86\frac{1}{2}^{\circ}$ der dritte, in 88° auch der letzte verloren, so daß sie für die äußersten polaren Gegenden gar nicht vorhanden sind. Aber auch schon die benachbarten Breiten bekommen die Monde nur auf eine sehr kurze Zeit über ihren Horizont. Alles dies würde nicht stattfinden, wenn die Jupiterskugel kleiner oder die Bahnen der Monde stärker geneigt wären.

Wie es sich demnach in der Wirklichkeit gestaltet, so ist für den Jupiter durch seine 4 Monde weniger gesorgt, als für die Erde durch ihren einzigen, und die Gegenden, welche nach unsrer Ansicht des Mondscheins am dringendsten bedürfen (und auf unsrer Erde auch wirklich am reichsten genießen) gehen leer aus. Man könnte sich versucht fühlen, die paradoxe Behauptung aufzustellen, die Bahnen und Distanzen der Jupitermonde seien absichtlich so angeordnet, daß für den Hauptplaneten möglichst wenig Beleuchtung herauskomme.

Es steht diese Bemerkung im geradesten Widerspruche mit einer Ansicht, die in vielen (auch selbst den trefflichen Vode'schen) Schriften durchgeführt worden ist und nach welcher die entferntern Planeten reichlicher mit Monden versehen seien, weil sie ihrer mehr bedürften, da sie ihnen einen Ersatz für das zu schwache Sonnenlicht gewährten. Einer solchen Ansicht waren die 6 Herschel'schen Uranusmonde noch lange nicht genug, und mehr noch fand sie es befremdend, daß Mars keinen Mond habe, ja Einige gingen so weit, zu behaupten, er müsse wenigstens einen haben. Es thut uns aufrichtig Leid um die poetischen Schilderungen von dem „sanften, mit dem Sonnenlicht sich vereinigenden und dieses verstärkenden“ Mondenlicht Jupiters; aber ernsthaft gesprochen, wie kann je ein noch so großer Mond das Sonnenlicht verstärken? Am Tage muß er nach nothwendigen

Naturgesetzen eine matte, glanzlose Scheibe bilden, wie der unsrige, die Nächte aber werden durch die größere Entfernung des Planeten um gar nichts dunkler. Wenn nicht physische und von der Entfernung unabhängige Ursachen eine Differenz bewirken, so sind die Nächte auf allen Planeten gleich dunkel, und es ist nicht der geringste Grund vorhanden, die fünfstündige Jupiternacht, die einem matt erhellten Tage folgt, der Erleuchtung für bedürftiger zu erachten, als die zwölfstündige Mercurnacht, der ein blendend heller Tag vorherging.

Es wäre Vermeessenheit, speciell die Absichten des Schöpfers bei Bildung und Anordnung der einzelnen Weltkörper nachweisen zu wollen. Daß aber bei Austheilung der Monde die Beleuchtung des Centralplaneten der Hauptzweck nicht gewesen sei, ja daß das Mondlicht nie und nirgends einem nothwendigen Bedürfnis abhelfe, dies kann ohne alle Restriction behauptet werden.

Das Licht eines Jupiterstages ist etwa dem zu vergleichen, was während der Finsterniß vom 16. Mai 1836 in einem großen Theil des nördlichen Deutschlands wahrgenommen wurde, und was noch immer stark genug war, um die gewohnten Tagesgeschäfte nicht unterbrechen zu müssen. Die Schatten auf Jupiter sind dagegen sehr scharf, denn da sie sich nach der Größe der Sonnenscheibe richten, so werden sie über fünfmal scharfer begrenzt sein als auf der Erde.

Mondfinsternisse erblickt Jupiter während eines seiner Jahre gegen 4400, und einer bestimmten Gegend der Aequatorzone kommen etwa 2000 derselben zu Gesicht. Sonnenfinsternisse (und zwar meistens totale) sind zwar eben so häufig im Allgemeinen, einer einzelnen Gegend aber kommen sie 10—12mal seltener als jene zu Gesicht. Die Dauer der Mondfinsternisse ist 2—3 Stunden, die der Sonnenfinsternisse (für den einzelnen Punkt) nur 5—10 Minuten.

An dem wirklichen Verschwinden der ganzen Sonnenscheibe hinter dem Trabanten ist nicht zu zweifeln, da man von der Erde aus die schwarz dunklen Schatten auf der Scheibe deutlich bemerkt.

Jupiters Dichtigkeit ist 0,24 der Dichtigkeit unserer Erde, und diese Dichtigkeit ist nicht etwa homogen vertheilt, sondern — wie die Erde — ist Jupiter nach der Mitte zu beträchtlich dichter als an der Oberfläche. Dies geht aus den Gleichungen hervor, welche zwischen Dichtigkeit, Umlaufszeit, Abplattung und Durchmesser stattfinden müssen, wenn die Dichtigkeit homogen angenommen wird. Es mag also auch bei Jupiter die Oberflächengegend dasselbe Verhältniß zur Gesamtdichtigkeit zeigen wie auf der Erde, und dann ist sie nur etwa $\frac{1}{10}$ unsern Wassers, folglich nicht fähig, oceanischen Gewässern das Gleichgewicht zu erhalten. Gleichwohl findet auf dieser so lockeren Oberfläche eine beträchtliche Schwere statt, fast $2\frac{1}{2}$ mal so groß als bei uns. Die Fallhöhe in der ersten Secunde ist am Aequator 33, an den Polen 41 Fuß; ein Pfund auf der Erde wiegt an den Jupiterspolen $2\frac{2}{3}$ Pfund, am Aequator $2\frac{1}{4}$. — Sollten unter den mittleren Breiten auf der Jupiterskugel die Pendeluhren um nicht mehr als eine Secunde während eines Jupiterstages differiren, so müßten sie unter mittleren Breiten für jede Achtelminute des Breitenunterschiedes besonders regulirt werden.

So ist der Körper beschaffen, der in der Planetenwelt nächst dem Hauptkörper die wichtigste Rolle spielt, und dessen Masse, obwohl noch nicht ein Tausendstel der Sonnenmasse, doch die Summe aller übrigen des Systems um mehr als das Dreifache übertrifft. Er macht seine Wirkung auf alle Körper desselben in merklicher Weise geltend; ja er vermag es, Kometen gänzlich aus ihrer Bahn zu werfen und ihnen einen gänzlich verschiedenen Lauf zu erteilen.

Verschwände die Sonne aus unserm System, so würde Jupiter sein Centralkörper werden und die Erde sich in 383 Jahren etwa um ihn herum bewegen.

Die Monde Jupiters.

	Durchmesser. Meilen.	Abstand vom Jupiter.	Umlaufzeit.	Masse in Millionen Pfund der Jupiter- masse.	Dichtigkeit.
1.	529	58294	1 \mathcal{L} . 18 ^h 28'	17,3	0,200
2.	475	92827	3 \mathcal{L} . 13 ^h 14'	23,2	0,371
3.	776	148078	7 \mathcal{L} . 3 ^h 43'	88,5	0,324
4.	664	260450	16 \mathcal{L} . 16 ^h 32'	42,7	0,250

Bei der nahen Uebereinstimmung der Ebenen ihrer Bahnen mit denen des Aequators und der Bahn ihres Hauptkörpers ist es höchst wahrscheinlich, daß auch die Aequatoren der Monde mit ihnen nahe zusammenfallen, und aus Herschel's Untersuchungen wissen wir, daß sie ihre Rotation in derselben Zeit wie ihren Umlauf vollenden (ein Resultat, welches durch meine eigenen Beobachtungen bestätigt wird), folglich ihrem Hauptkörper stets dieselbe Seite zuwenden, und zwar beträchtlich genauer als unser Mond.

Die Sonne spendet ihnen Licht und Wärme in gleichem Maße wie ihrem Hauptkörper, auch erscheint sie ihnen unter demselben geringen Durchmesser. Aber den Jupiter sehen sie in gewaltiger Größe fast unverrückt an ihrem Firmament schwebend, und zwar betragen seine Durchmesser:

	Aequatorial-Durchm.	Polar-Durchm.
für den 1. Mond	1186 Min.	1099 Min.
" 2. "	743 "	688 "
" 3. "	465 "	431 "
" 4. "	264 "	245 "

also 8—38 mal (ober der Fläche nach 63—1450 mal) größer als wir den Mond erblicken. Die Pole selbst sehen sie nicht, die übrigen Gegenden kommen ihnen dagegen in 10—13 Stunden vollständig zu Gesicht. An jedem ihrer Tage (deren Dauer 21, 43, 86 und 200 Stunden beträgt) erleiden sie regelmäßig eine totale Sonnenfinsterniß durch Jupiter, die aber stets nur die eine Hälfte der Oberfläche trifft. Die andere, dem Planeten abgewandte Hälfte erblickt nur in seltenen Fällen, nemlich wenn ein Mond den andern verfinstert, ein solches Phänomen. Nur der vierte Trabant hat unter 259 Tagen 119 finsternißfreie und 140 mit Finsternissen, unter denen auch einige bloß partielle vorkommen. Die Dauer dieser Finsternisse ist:

für den 1. Mond	2 ^h 22'
" " 2. "	3 ^h 0'
" " 3. "	3 ^h 34'
" " 4. "	4 ^h 44'

und diese Dauer erleidet bei den inneren Monden nur wenig Veränderung. Während dieser Finsternisse herrscht auf den Monden eine weit größere Dunkelheit als während der Nacht selbst, deren Schatten durch den Schein der Jupitersugel beträchtlich gemildert werden. Wie unsere Erde in Bezug auf ihren Mond, so durchläuft auch Jupiter für die sehnigen denselben Cyclus von Phasen, den sie selbst ihm gewähren, allein in umgekehrter Folge. Ihre eigenen Schatten sehen sie deutlich über Jupiter hinweggleiten, bei weitem häufiger und augenfälliger als unser Mond seinen Schatten auf der Erdoberfläche erblickt; und die Dauer dieses Vorüberziehens ist beiläufig der der Finsternisse gleich.

Der Verlust, den die Monde an ihrem Tageschein durch diese Finsternisse erleiden, beträgt für sie resp. $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{24}$, $\frac{1}{41}$; doch sind diese Zahlen Maxima, und für den äußersten Mond ist der Verlust oft viel geringer.

Die Fallhöhen sind auf ihnen noch kleiner als auf unserm Monde, sie betragen nemlich in der ersten Secunde nur 11 Zoll, 19 Zoll, 26 Zoll, 17 Zoll (12 auf den Par. Fuß gerechnet). Ein Pfund auf der Erde würde dort nur resp. 2, 3, 5, 3 Loth wiegen.

Von merklich verschiedenen Jahreszeiten ist bei ihnen wohl noch weniger als auf Jupiter selbst die Rede; dagegen fehlt es ihnen nicht an einer von der Natur selbst gebotenen sehr bequemen Eintheilung des langen Jahres. Den Anfang desselben markirt am deutlichsten der Wiedereintritt der Finsternißperiode des vierten Trabanten. Nun wird man bei einiger Aufmerksamkeit bald wahrnehmen, daß zwei Umläufe des ersten Trabanten nur um 18 Minuten kürzer sind als einer des zweiten; ein Unterschied, der für die synodischen Umläufe auf $20\frac{1}{2}$ Minuten anwächst. Wenn daher zu irgend einer Zeit der erste und zweite Mond gleichzeitig verfinstert werden, so tritt 85 Stunden später nahezu dasselbe ein und es folgt eine kleine Reihe von Doppelfinsternissen aufeinander. Sind sie nach einiger Zeit auseinandergerückt, so währt es 437 Erdentage, bis diese Coincidenzen wiederkehren, wie sich leicht nachrechnen läßt. Ein so höchst augenfälliges Phänomen (für Jupiter selbst ebenso wie für seine Monde), welches das Jupitersjahr fast genau in zehn gleiche Theile theilt, gewährt ein Mondenjahr, ungleich besser und brauchbarer als das, was lange Zeit den Erdbewohnern dienen mußte. Ferner treten gerade in der Mitte dieser 437-tägigen Periode in ganz ähnlicher Weise gleichzeitige Finsternisse des zweiten und dritten Mondes ein, und die zehn großen Abschnitte theilen sich also wieder in zwei gleiche Hälften. So traf z. B. die Coincidenz der Finsternisse des ersten und zweiten Mondes am 9. Februar 1831 ein, und nach Verlauf der Hälfte des Zehnteljahres, am 14. (und 21.) September 1831, die Coincidenz für den zweiten und dritten Mond. Diese 218 Tage

umfassen genau 30 synodische Umläufe des dritten (größten) Trabanten, jeden von $40\frac{1}{2}$ Jupiterstagen. So wird es den Bewohnern Jupiters und seinen Trabanten leichter 10477 Tage in eine bequeme und genaue Eintheilung zu bringen, als uns unsere 365. Die weitere Ausführung dieser Skizze eines Jupiterskalenders wäre sehr leicht, kann aber füglich wegbleiben.

Saturn.

Rotation $10^h 16'$ (oder $10^h 29' 17''$)

Neigung der Axe $26^\circ 49' 17''$

Aufsteigender Knoten $171^\circ 17' 34''$

Aequatorial-Durchmesser 16305 Meilen

Polar Durchmesser 14696 Meilen

Masse $\frac{1}{3501}$ Meilen.

Die erstere dieser Bestimmungen ist noch sehr unsicher. Herschel fand $10^h 16'$ für den Planeten, $10^h 29' 17''$ für den Ring; beides nach sehr schwierigen und wenig zahlreichen Beobachtungen. Man kann mit großer Wahrscheinlichkeit beide Perioden ganz gleich, und jede derselben in runder Zahl zu $10^h 30'$ annehmen.

Unter dieser Voraussetzung ergiebt sich ein Jahr von 24591 Tagen, welche 10759 unserer Tage gleich sind; oder besser, es bestände aus so vielen, wenn Saturn keinen Ring hätte. Denn von der angegebenen Zahl gehen in den polaren Regionen durch die lange Nacht, und in allen übrigen durch die großen Finsternisse, welche der Ring veranlaßt, mehrere tausend Tage verloren, wie denn Saturn, der Zeit nach, unter allen Planeten am wenigsten von der Sonne beleuchtet wird. Sein aus 29,45 Erdjahren bestehendes Jahr theilt sich in die vier Jahreszeiten in folgender Weise:

Nordhälfte.		Südhälfte.	
Frühling	7,74 Erdjahre	Herbst	
Sommer	8,01 "	Winter	
Herbst	6,94 "	Frühling	
Winter	6,76 "	Sommer.	

Das Aphellium hat gegenwärtig in Beziehung auf die Jahreszeiten eine fast ganz gleiche Lage mit dem der Erde, und unsere Jahreszeiten würden dieselbe Verschiedenheit zeigen, wäre die Excentricität der Erdbahn der der Saturnsbahn gleich.

Die Stärke der Erleuchtung ist 81 — 101 mal schwächer als auf der Erde und mag etwa dem Schimmer gleichen, den wir eine Viertelstunde nach Sonnenuntergang haben. Die Größe der Sonne variiert zwischen $3\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{6}$ Min. Saturns Südhalfkugel zieht von dieser Ungleichheit die meisten Vortheile.

In Bezug auf Beobachtung der Planeten ist seine Stellung eine ungünstige, da nur Uranus in seinen nach 44 Erdjahren wieder eintreffenden Oppositionen ihm etwas besser als den übrigen Planeten zu Gesicht kommt, alles andere schlechter. Jupiter ist sein Morgen- und Abendstern und erscheint ihm nicht so glänzend als uns; ob er von unserer Erde noch etwas erblicke, ist nicht wahrscheinlich. Jupiter geht für ihn nach je 2000 Erdjahren oder 70 seiner Jahre einmal durch die Sonne; die übrigen Hauptplaneten freilich öfter, aber als höchst unscheinbare Pünktchen. Kometen sieht er höchst wahrscheinlich gar nicht mehr, selbst dann nicht, wenn sie — ein seltener Fall — einmal in seine Nähe kommen. Wir müssen dies daraus schließen, daß die Sichtbarkeit der Kometen fast allein von der Entfernung von der Sonne abhängt. Die Nähe zur Erde vergrößert ihren scheinbaren Durchmesser, allein dieser ist ohnehin groß genug, und wenn es darauf ankäme, so müßten wir die Kometen noch

weit über Uranus hinaus verfolgen können, während noch kein einziger, unseren Fernröhren erreichbarer, die Entfernung Jupiters hatte. Selbst wenn der Komet mitten durch das Saturnsystem — wie der von 1770 durch das Jupitersystem — gehen sollte; man würde dennoch dort wahrscheinlich nichts von ihm wissen. Annehmen könnte man freilich, die Saturnsbewohner wären in gleichem Maße empfänglicher für schwache Lichteindrücke als wir, allein wir haben es hier nicht mit solchen Hypothesen zu thun, sondern betrachten das Universum, vom Standpunkte Saturns aus, mit unseren Augen und Werkzeugen. Innerhalb der Sphäre unserer Erkenntnis liegt das, was den Bewohnern der Planeten kosmisch gegeben ist, außerhalb derselben aber der Grad ihrer sinnlichen wie geistigen Empfänglichkeit für dieses Gegebene.

Die tägliche Bewegung der Gestirne am Himmel ist ziemlich so rasch wie auf Jupiter; allein für jede gegebene Breite giebt es eine Zone von Fixsternen, die für eine lange Reihe von Jahrtausenden durch den Ring verdeckt ist. Nur in den polaren Regionen, wo der Ring gar nicht mehr gesehen wird, ist das Firmament frei wie bei uns. Seinen nächtlichen Himmel zieren 7 Trabanten, deren Größe wir zwar nicht kennen, von denen aber mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden kann, daß sie sämtlich viel kleiner als unser Mond sind und auch vereint nur einen sehr matten Mondschein auf Saturn veranlassen können. Wenn der Huygen's'sche Mond — nach einer wenig zuverlässigen Angabe — 680 Meilen Durchmesser hat, so erscheint er dem Planeten unter einem Winkel von $8\frac{2}{3}$ Minuten und seine Scheibe ist 12mal kleiner als die unsers Mondes; alle übrigen sind entschieden noch kleiner.

Der Phasenwechsel, den diese Monde zeigen, unterscheidet sich wesentlich von dem, welchen unser Mond, und

ebenso die Jupitermonde, darbieten. Bei diesen nemlich ist die Neigung der Bahn gegen die des Hauptkörpers zu gering, um einen merklichen von den Jahreszeiten abhängenden Unterschied zu veranlassen. Ganz anders auf Saturn. Nahe um die Zeit, wo Saturn durch die Knotenpunkte der Ringebene geht (wie 1847) treten auch für ihn fast vollständig erleuchtete Vollmonde und gänzlich unsichtbare Neumonde ein; in allen übrigen Tagen bleibt dagegen in den Oppositionen am Nord- oder Südrande der Trabantenreihe ein Theil unsichtbar, und ebenso bleibt in den Conjunctionen eine nach Norden oder Süden geöffnete Sichel fortwährend sichtbar. Wenn Saturn von den Knoten seiner Ringe 90° absteht (wie 1840 und 1855), so erreicht die Breite dieser Theile ihr Maximum. Sie ist dann derjenigen vergleichbar, die bei unserm Monde 50 — 52 Stunden nach dem Syzygium wahrgenommen wird, und es giebt auf Saturn Gegenden, welche auch mitten in ihrer Nacht diese Neumondsischeln erblicken können. Die Spitzen der Sichel sind alsdann beide nach oben gekrümmt, und sie steht über der Gegend des Horizonts, wo sich die nächtliche Dämmerung sehen läßt.

Noch eine Besonderheit der Erscheinung dieser Monde mag hier erwähnt werden. Der Meridiandurchgang unsers Mondes verspätet sich bekanntlich für jeden Tag um etwa 50 Minuten, da seine eigene Bewegung der täglichen aller Gestirne entgegengesetzt ist. Der innerste Saturnsmond braucht nur 22 Stunden 36 Minuten zu seinem Umlaufe, und aus diesem Grunde verfließen von einem seiner Meridiandurchgänge bis zum andern

$$\frac{22,6 \times 10,5}{22,6 - 10,5} = 19,6 \text{ Stunden,}$$

also zwei Saturnstage weniger $1\frac{2}{5}$ Stunden, oder ein synodischer Umlauf des Mondes weniger 3 Stunden. Wenn also dieser innerste Mond um Mitternacht als Vollmond

durch den Meridian geht, so erfolgt in der nächstfolgenden Nacht gar keine obere Culmination desselben, sondern erst in der dieser folgenden $1\frac{1}{2}$ Stunde vor Mitternacht, und drei Stunden später erfolgt die neue Opposition. Das Verhältniß gestaltet sich also nahezu ebenso, als wäre dieser Mond wechselweise eine Nacht um die andere sichtbar und dann jedesmal im Laufe der Nacht voll. Sollte dieses ganz eigenthümliche Verhältniß in aller Strenge stattfinden, so wäre nur erforderlich, die Rotationsperiode Saturns um 48 Minuten zu vergrößern und sie auf $11^h 18' 9''$ zu bringen.

Wenn wir den äußersten Trabanten, der in einer von den übrigen ganz abweichenden Ebene läuft, ausnehmen, so neigen sich diese Trabantenebenen nur sehr wenig gegen den Aequator Saturns. Daraus folgt, daß z. B. der innerste Mond schon bei $73^\circ 50'$ Br. unsichtbar ist. Unter 77° sieht man schon die beiden innersten nicht mehr, unter 88° sind alle sechs verschwunden und nur allein der siebente bleibt auch noch den Polen sichtbar. — Mondfinsternisse sind allerdings hier sehr häufig, noch häufiger als bei Jupiter, aber die Folge derselben ist ganz verschieden von der, welche wir dort kennen lernten. Alle Trabanten, auch selbst der Innerste, bleiben finsternissfrei während einer längeren Periode, und werden in der übrigen Zeit beständig bei jedem Vollmonde verfinstert.

Für den innersten Mond währt die freie Periode $8\frac{1}{5}$ Erdjahr, die Finsternisperiode $6\frac{1}{2}$. Je weiter entfernt, in desto engere Grenzen zieht sich die Finsternisperiode zusammen; für den Huygen's'schen (sechsten) ist sie etwa 1 Jahr, und $13\frac{3}{4}$ Jahre sind finsternissfrei. Für die sechs innersten Monde fällt die Mitte der Finsternisperiode nahe zusammen; es ist die Zeit, wo Saturn durch den Knoten der Ringebene geht. In derselben Zeit treten dann auch Sonnenfinsternisse

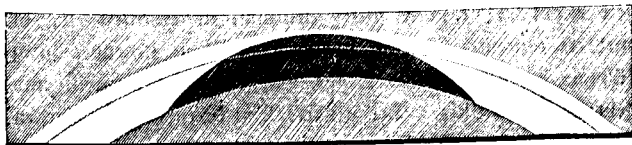
ein. Im Anfang und zu Ende der Periode treffen sie auf der Saturnskugel die Gegenden, welche in der Nähe des Grenzparallels der Sichtbarkeit des Trabanten liegen; gegen die Mitte hin zeigen sie sich am Aequator, dauern aber für einen einzelnen Ort auf der Kugel nur wenige Minuten. Die tropischen Gegenden sind um ein Geringes ärmer an Sonnenfinsternissen, als die circumpolaren.

Herschel I. hat in seinem Riesenteleskop am 2. November 1789 den Schatten des sechsten Trabanten deutlich auf der Saturnscheibe gesehen, woraus folgt, daß der Durchmesser des Trabanten, vom Saturn aus betrachtet, größer erscheine als der der Sonne, daß mithin die durch ihn bewirkten Sonnenfinsternisse nicht bloß partielle, sondern (mit geringen Ausnahmen) totale, auch nicht ringförmige sind.

Der Ring, oder besser das Ringsystem, welches den Saturn umgibt, veranlaßt höchst merkwürdige und diesem Planeten eigenthümliche Erscheinungen. Er theilt sich, wie seit Herschel I. mit aller Bestimmtheit ermittelt ist, in mehrere concentrische, fast in derselben Ebene liegende, durch schmale Lücken getrennte Ringe von ansehnlicher Breite und sehr geringer Dicke. Der größere Durchmesser des äußersten Ringes beträgt 37587 geogr. Meilen und die Breite aller, mit Inbegriff der Zwischenräume, 6047. Die zuerst (1789) entdeckte Theilung ist 387 Meilen breit und läßt für die innere Fläche 3733 übrig, für die äußere 1729. Diese äußere zerfällt nun wieder in mehrere, deren genaue Zahl noch nicht bestimmt werden kann, da die Zwischenräume zu klein sind, um alle deutlich zu unterscheiden. Diese Ringe haben nun für jeden Ort der Saturnskugel eine bestimmte und bleibende Lage am Himmel, wo sie als große Bögen erscheinen. Am Aequator ziehen sie von Ost nach West durch's Zenith; aber hier sieht man nur die schmale Kante (sie hat etwa 30 Meilen) des innersten Ringes und von

den übrigen nur die etwanigen Ungleichheiten. In anderen Gegenden zeigen sich die Ringe weniger optisch verkürzt, dafür aber tiefer am Horizont und auch nicht mehr dessen Hälfte umspannend. Unter $37\frac{1}{2}^{\circ}$ der Breite erscheint das Ringsystem am breitesten, und nimmt $15\frac{1}{3}$ Grad von Nord nach Süd am Himmel ein; und will man den innersten allein betrachten, so ist $44^{\circ} 50'$ Br. der günstigste Parallel. Unter $53^{\circ} 28'$ erhebt sich der innerste Rand des inneren Ringes nicht mehr über den Horizont, und wo auf der Erde die Polarreise liegen, steht man auf Saturn von den Ringen gar nichts mehr. In dieser Lage der Ringe machen die Jahreszeiten keinen Unterschied, wohl aber die Beleuchtung derselben.

Im Sommerhalbjahr jeder Hemisphäre ist der Ring am Tage erleuchtet, des Nachts aber in ihrem mittleren Theile vom Saturnschatten verdunkelt und der Anblick ist beiläufig der folgende:



Horizont.

Während der kürzesten Sommernächte reicht der Saturnschatten nicht völlig mehr bis an die obere Ringkante, und die leuchtenden Bogenstücke hängen dann in der Mitte zusammen. Auch verändert dieser Schatten seine Lage im Laufe jeder Nacht. Die angegebene gilt für die Mitternacht, er rückt von Ost nach West, so daß er bei Sonnenaufgange noch am westlichen Ende gesehen wird, bei Sonnenuntergang aber vom östlichen her heraufsteigt. Die Nächte sind durch den Ring in dem Maße mehr erleuchtet als sie selbst kürzer werden und weniger dunkel sind. Im Winterhalb-

jahr ist es ganz anders: nicht allein findet dann gar keine nächtliche Erleuchtung durch den Ring statt, sondern er ist auch am Tage dunkel, da man nur seine Nachtseite sieht; ja er veranlaßt große, mehrere Erdjahre hindurch dauernde Finsternisse, während welcher Zeit die schwärzeste Nachtdunkelheit herrscht, wie die scharfen schwarzen Schatten, die der Ring auf die Saturnskugel wirft, und die wir von der Erde aus deutlich sehen, beweisen. Für eine Breite auf der Saturnskugel, die der unserer Wendekreise entspricht, tritt die erste große Finsternis 810 Erdentage nach der Herbstnachtgleiche ein und währt 188 Tage, vielleicht mit kleinen Unterbrechungen, falls die Zwischenräume hinreichend breit sind (was nicht der Fall zu sein scheint). An 52 Tagen scheint sodann die Sonne noch durch die breite Hauptspalte und man hat wieder regelmäßigen Wechsel von Tag und Nacht. Nun aber folgt eine durch den innersten Ring veranlaßte ununterbrochene Finsternis von 9 Erdjahren (3261 Tage.) Ist diese ungeheure Nacht vorüber, so wiederholt sich das Obige in umgekehrter Ordnung. Von den $14\frac{3}{4}$ Erdjahren der Winterhälfte gehen also hier zehn auf die großen Finsternisse. Unter anderen Breiten ist es etwas verschieden. In der Aequatorzone treten 4 Ringfinsternisse ein, zusammen von etwas kürzerer Dauer; auch außerhalb derselben ist die Dauer verschieden. Jenseit des 57° Br. finden nur noch zwei Finsternisse in jedem Winter statt; endlich nur noch eine, die in die Mitte des Winters fällt, und jenseit $66^{\circ} 36'$ sind (wie oben erwähnt) die Ringe nicht mehr sichtbar und man hat weder Vortheil noch Nachtheil von ihnen.

Der Ring verdeckt zwar eine große Anzahl von Fixsternen, die sechs inneren Monde Saturns aber kann er nicht verdecken, außer für eine schmale Aequatorzone. In allen Gegenden, wo die Jahreszeiten sich schon einigermaßen zu unterscheiden anfangen, tritt bald nach dem Herbstäquinocium eine Finsternis durch

den Huygens'schen (sechsten) Trabanten ein. Nach einiger Zeit folgt eine durch den fünften, dann einige durch den vierten und so fort immer mehrere durch den dritten, zweiten, ersten. Dann folgt die Reihe der oben geschilderten großen Ringfinsternisse, nach deren Beendigung, in umgekehrter Ordnung, die Trabantenfinsternisse wiederkehren. Der Sommer ist von Finsternissen gänzlich frei, nur daß (in seltenen Fällen) der siebente eine kleine wahrscheinlich immer nur partielle Finsterniß auch im Sommerhalbjahr bewirken kann.

Was man demnach auf unserer Erde, und ebenso auf den meisten anderen Planeten, als Polarnacht bezeichnet hat, findet auf Saturn eigentlich überall statt. Auch ist keinesweges anzunehmen, daß eine besondere Beschaffenheit (etwa Transparenz) der Ringe, eine sehr starke Brechung u. dgl. die Intensität dieser Finsternisse oder ihre Dauer vermindern: eine solche Annahme wäre unverträglich mit der Schwärze und Schärfe der Schatten auf Saturn wie auf dem Ringe, die unsere Beobachtungen darthun.

Wir sind also genöthigt anzunehmen, daß die Organismen dieses Weltkörpers fähig sind, so starke Beraubungen des Lichts zu ertragen, ohne unterzugehen, und daß also wohl überhaupt das Sonnenlicht für sie kein notwendiges Requisit mehr sei. Alle früher mehrfach geäußerten Meinungen über den Ersatz, den der Ring und die Monde dem Saturn für das zu schwache Sonnenlicht gewähren sollten, zerfallen nicht allein in ein Nichts, sondern schlagen in das directe Gegentheil um. Wir haben kein Recht, den Comfort der Saturnsbewohner nach unserm eigenen zu bemessen, und was uns Noththat, ja Tod und Verderben bringen würde, kann dort unter gänzlich verschiedenen Verhältnissen Wohlthat sein. Saturn mit seinen Ringen und Monden bildet nach aller Wahrscheinlichkeit eine eigene selbstständige Welt, in welcher der Wechsel von Sonnenlicht und Schatten

nur mehr die Bedeutung astronomischer Phänomene hat und auf die Entwicklung der Lebensformen höchstens noch einen untergeordneten Einfluß ausübt. Daß Betrachtungen, wie die gegenwärtigen, übrigens nicht sonderlich geeignet sind, unsere Sehnsucht nach einem solchen Zustande zu vermehren, will ich gern zugestehen.

Die längsten Tage finden sich auf Saturn, wie überall, in den Polargegenden. Es findet sich nemlich für die Mitte des Sommers:

Aequator	5 ^h 15'
40° Br.	6 ^h 43'
50° Br.	7 ^h 24'
60° Br.	8 ^h 48'
63° 10' Br.	10 ^h 30'
65	3,8 Erbjahre
70	7,2 "
75	9,5 "
80	11,4 "
85	13,1 "
90	14,7 "

Für die wirklichen Polarzonen, jenseit 63° 10', sind nun die längsten Nächte den längsten Tagen etwa gleich. Hier also sind seine lichtreichsten Theile, d. h. die, für welche die Summe des Sonnenscheins, durch's ganze Jahr gezählt, ein Maximum ist.

Noch eigenthümlicher ist die Weltstellung seiner Ringe. Diese haben, für jede ihrer beiden Seiten, einen 14⁷/₁₀ jähr. Tag, unterbrochen durch kurze Nächte (durch Saturns Schatten) von höchstens 2 Stunden 8 Minuten Dauer (der fünfte Theil der gesamten Tagesperiode), so daß 8 Stunden 22' für die jedesmalige wirkliche Tageszeit bleiben. Für den äußersten Ring währen diese Unterbrechungen höchstens 1¹/₂ Stunde, und 5 Erdenjahre lang hat seine äußere Kante

fortwährenden Sonnenschein. — Nachdem dieser Zustand $14\frac{7}{10}$ Jahre lang gedauert, tritt eine eben so lange Nacht ein, in der es gar keinen Sonnenschein, sondern nur Saturnscheine gibt, der die Zelteintheilung fortführt, da alle $10\frac{1}{2}$ Stunden eine Mitternacht ohne Saturnschein eintritt. Saturn erscheint ihm dabei keinesweges in Sichelform wie seinen Monden, sondern anfangs als ein sphärisches Dreieck mit lauter convexen Seiten, die ihren Cyclus innerhalb $8-8\frac{1}{2}$ Stunden durchlaufen. — Von der vollen Saturnscheibe steht jede Ringsseite nur die Hälfte, und zwar während des Winterhalbjahrs durch einen breiten und mehrere schmale schwarze Querstreifen, von Ost nach West über die ganze Scheibe ziehend, unterbrochen.

Aber den überraschendsten, großartigsten Anblick müßte uns ein Standpunkt auf der inneren Kante des inneren Ringes gewähren. Man denke sich im Zenith eine enorme Kugel, die den achten Theil der Fläche des ganzen Himmelsgewölbes einnimmt und unsere Sinne an schenbar Größe zweiundzwanzigtausendmal übertrifft. Die Durchmesser sind 82° in der Richtung des Aequators und 73° in der Polarrichtung. Einen eigentlichen Horizont hat ein solcher Beschauer nicht nach außen, sondern nur nach zwei Richtungen hin, nemlich nach Süd und Nord; nach Ost und West dagegen breitet sich der Boden, auf dem er steht, unbegrenzt aus und zum Himmelsgewölbe empor. Diese beiden Böden verlieren sich in ungeheurer Höhe und schließen hinter der Riesenkugel zusammen — ein Himmel mit Landschaften in ununterbrochener Fortsetzung des tragenden Bodens und den eigentlichen gestirnten Himmel in zwei gesonderte Stücke theilend. Zwei Stücke dieses Riesengewölbes, die ihren Ort schnell verändern, leuchten im Sonnenschein, für den übrigen Theil wechseln Saturnschein, Dämmerung und volle Nacht mit einander

ab. Nirgends, weder auf der Erde noch in der gesamten Planetenwelt, gibt es ein Panorama, wie dieses.

Nicht minder eigenthümlich steht Saturn in Beziehung auf Schwere unter den Planeten da. Für Pol und Aequator ist sie so verschieden, daß sie an jenem $1\frac{1}{3}$, an letzterem nur $\frac{4}{5}$ der Schwere an der Erde beträgt. Um die sätur-nigraphische Breite zu bestimmen, bedarf es dort weder Gradmessungen noch astronomischer Beobachtungen; die Bestimmung der Pendellänge reicht aus. 20 Fuß ist der Fall in der ersten Secunde am Pole, 12 am Aequator; eins unserer Pfunde wiegt dort von 42 — 25 Loth. In mittleren Breiten ist die Schwere der auf der Erdoberfläche nahezu gleich.

Geringer ist sie auf den Ringen, wo überdies die Richtung der Schwere nicht die normale ist, da sie gegen Saturn und gegen die Ringfläche gleichzeitig stattfindet. Auch kann diese Richtung nicht auf dem ganzen Ringe dieselbe sein. Unsere Architekten und Eisenbahn-Ingenieure würden dort gewaltig in's Gedränge kommen.

Von den Monden Saturns ist schon mehrfach die Rede gewesen. Hier fügen wir noch hinzu, daß der siebente und deutliche Merkmale an die Hand gibt, um zu schließen, daß er seinem Hauptkörper stets dieselbe Seite zuwendet. Von den übrigen Monden ist dies ebenfalls um so wahrscheinlicher, da sie ihrem Hauptplaneten noch weit näher stehen, und diese große Nähe bei unserm und den Jupiterstrabanten augenscheinlich diese eigenthümliche Rotation veranlaßt hat. Sie sehen also den Saturn mit seinem Ringe fast unverrückt an derselben Stelle des Himmels. Für den äußersten erscheint Saturn 2, der Ring $4\frac{1}{2}$ Grad groß; für den innersten der erste 39° , der letzte $94\frac{1}{2}$ Grad. Für den äußersten Mond ist die tägliche Bewegung der Gestirne 80mal langsamer als für uns; er muß folglich einen überaus günstigen Beobachtungspunkt gewähren. Die Schwere

Ist gewiß auf allen äußerst gering. Wenn ihre Dichtigkeit nicht beträchtlich größer als die des Hauptplaneten ist, wofür die Analogie der uns bekannteren Trabanten keinesweges spricht, so reduciren sich die Fallhöhen und Pendellängen auf Bolle, das Pfund auf ein oder wenige Lothe. Genauerer läßt sich hierüber nicht bestimmen, und es wird stets sehr mißlich bleiben, ihre Massen und Durchmesser zu erhalten; höchstens wird man ihre oberen Grenzen mit einiger Sicherheit angeben können.

Uranus.

Durchmesser 7500 Meilen

Masse $\frac{1}{24,600}$

Rotation unbekannt

Abplattung etwa $\frac{1}{10}$.

Wir kennen diesen entferntesten der Weltkörper noch zu wenig, um über seine Weltstellung Ausführliches geben zu können. Das Sonnenlicht ist für ihn 334—403 mal schwächer als für uns, und das matte, bleiche Ansehen seiner gänzlich farblosen Scheibe entspricht diesem Verhältniß sehr gut. Was kann ihm wohl die Sonne noch gewähren, sie, die nur noch $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Minuten Durchmesser zeigt und etwa so hell sein mag, als ein Fixstern erster Größe in einem mäßigen Fernrohre uns erscheint! Immer ist ihr Schein dort noch beträchtlich stärker als unser Mondschein. Sein Standpunkt ist der allerungünstigste für Kenntniß des Sonnensystems; Saturn und Jupiter sind seine Morgen- und Abendsterne, von allen übrigen Planeten würde das unbewaffnete Auge eines Erdbewohners von dort aus nichts mehr gewahren und auch die beiden genannten können ihm nur einen schwachen Glanz spenden.

Zwar können alle Planeten für ihn durch die Sonne gehen, aber diese Vorgänge sind so überaus selten und zugleich

so unscheinbar, daß selbst unsere größten Fernrohre nur die Saturns- und Jupitersdurchgänge deutlich, die übrigen wohl kaum mehr, zeigen würden; und es verfließen beiläufig 10,000 Erdjahre, ehe ein Saturnsdurchgang wieder erfolgt.

Wollte man etwa annehmen, er sehe dafür die Fixsterne besser als wir, so läßt sich auch hier leicht der Ungrund zeigen. Im Allgemeinen steht man den Fixsternen, da sie nach allen Richtungen in die Unendlichkeit hin vertheilt sind, nirgend näher oder entfernter. Aber auch diesem oder jenem einzelnen Fixsterne steht er nur etwa um eben so viel näher, als wir dem Monde näher stehen, wenn wir auf einen Berg steigen. Er kann allerdings diese Entfernung besser als wir bestimmen, wegen des 19 mal größeren Durchmessers seiner Bahn, aber er erhält diese Entfernungen nur im Verhältniß zur Sonnenentfernung, und diese letztere dort noch wahrzunehmen, ist wohl kaum noch möglich.

So ist er in seiner öden Einsamkeit hauptsächlich auf die Betrachtung seiner Monde verwiesen, deren er mehrere hat, die sich aber unserm Anblick schon fast gänzlich entziehen und deren Zahl wir nicht kennen. Aber das Wenige, was wir von ihnen gewiß wissen, führt uns in ein Verhältniß, welches in der gesammten Planetenwelt einzig da steht: sie bewegen sich retrograd.

Ihre Bahnen stehen nemlich nahezu senkrecht auf die Bahn des Uranus, so jedoch, daß die Richtung auf die entgegengesetzte Seite noch 11 Grad überschlägt und sie also mit 79 Grad Neigung sich von Osten nach Westen herum bewegen. Man kann fast als gewiß annehmen, daß auch der Aequator des Planeten diese Lage habe, und meine eigenen in den Jahren 1842 und 43 über die Richtung der Are angestellten Beobachtungen stimmen damit überein.

Hier ist also eine bekannte Stelle im Koran:

Müller, Astronomische Briefe.

„Geht die Sonne einst im Westen auf,
Wißt, erfüllt ist dann der Zeiten Lauf;
Und der Engel mit Besaunenshülle
Weckt die Todten aus den Gräbern alle.“

wenigstens in ihrer ersten Zeile zur Wahrheit geworden.
Dem Uranus und seinen Trabanten geht die Sonne und
alle Gestirne im Westen auf und im Osten unter.

Eine Folge davon ist, daß sein Sterntag länger als
sein Sonnentag, und die synodischen Umläufe seiner Monde
kürzer als die periodischen sind.

Ferner zeigen seine Monde zwar allerdings einen Phasen-
wechsel, aber total verschieden von dem, welchen wir an
unserm Monde kennen. Steht Uranus 90° vom Knoten
der Mondbahnen, so zeigen sie ihm nahezu eine beständige
Quadratur. Sie sind entweder genau halb oder eine
Kleinigkeit mehr oder weniger als halb erleuchtet, und die
Richtgrenze rückt nicht sowohl in einer bestimmten Richtung
vor, sondern sie dreht sich auf der Mondscheibe im
Kreise herum. Wenn Uranus den erwähnten Knoten-
punkten näher rückt, so geht dieser und so fremdartige
Phasenwechsel allmählig in denjenigen über, den unser
Mond zeigt, und in den Knotenpunkten selbst ist er diesem
ganz identisch. Dann hat man dort wirkliche Voll- und
Neumonde, und gleichzeitig auch eine zusammenhängende
Reihe von Mond- und Sonnenfinsternissen ähnlich wie bei
Saturn. Die Gegenseitigkeit zwischen Hauptplaneten und
Trabanten ist Ursache, daß auch die Monde am Uranus die-
selben Phasenänderungen wahrnehmen, die dieser an ihnen
fleht. Die verschiedene Art des Phasenwechsels der Monde
bezeichnet auf Uranus die Jahreszeiten-Einteilung.

Wenn wir das, was das Sonnenlicht dort noch be-
wirkt, für hinreichend erachten wollen, um die Benennung
„Tag und Nacht“ zu rechtfertigen, so haben wir dort eine

Ungleichheit der Tage und Nächte wie sonst nirgend. Regel-
mäßige, bei jeder Rotation eintretende Wechsel hat man
dort nur in einer Äquatorzone von 22° Breite, kaum dem
fünften Theile der Kugeloberfläche. Von da ab stehen die
längsten Tage so:

12	Br.	2,3	Erdenjahre
15	"	4,8	"
20	"	7,9	"
30	"	13,1	"
40	"	18,0	"
50	"	22,8	"
60	"	27,5	"
70	"	32,3	"
80	"	37,1	"
90	"	42,0	"

Natürlich stehen diesen Tagen eben so lange Nächte
gegenüber. Wie mag es in diesen aussehen?

Die Schwere ist auf Uranus nicht sehr verschieden von
der auf der Erdoberfläche. Durchschnittlich (denn sie muß
jedemfalls stark variiren) beträgt die Fallhöhe $11\frac{1}{2}$ Fuß,
und ein Pfund wiegt dort 25 Loth. Welches Verhältniß für
seine Monde statifinde, ist uns verborgen, da auch selbst die
Existenz nur erst von zweien gewiß ist. Die übrigen vier
hat seit dem Entdecker, der sie auch selbst für zweifelhaft
gibt, noch Niemand wieder gesehen. Existirt der äußerste
(320,000 geogr. Meilen Abstand und 108 Tage Umlauf-
zeit) wirklich, so ist er einer der vorthellhaftesten Punkte für
die Kenntniß des Universums. Eine mehr als 100 mal
langsamere tägliche Bewegung der Gestirne, eine Sonnen-
parallaxe von fast 3 Minuten und 20 mal größere Fixstern-
parallaxen als bei uns sind mächtige Hülfsmittel, um in
die Geheimnisse des Weltalls einzudringen.

Die hier geschilderten Thatfachen, die nur in einigen Ausnahmefällen einstweilen noch auf Vermuthungen, sonst aber auf mathematische Gewißheit basirt sind, mögen einen Begriff von dem Reichthum der Schöpfung und von der Mannichfaltigkeit ihrer Bildungen geben. Wie wenig wir auch von ihnen zur Zeit noch wissen mögen, es ist mehr als genug, um jeden Gedanken an Uniformität in der Planetenwelt zu unterdrücken. Die Einheit des Sonnensystems ist keine Einerleiheit. Jedes Glied des großen Ganzen ist eine eigenthümliche Welt und schaut auf seine besondere Weise die Werke des Schöpfers an. Sind Bewohner auf ihnen vorhanden, so wird auch für ihr Wohlergehen überall gesorgt sein, aber durch unendlich verschiedene Veranstellungen. Mag immerhin das Verhältniß zwischen Mittel und Zweck ein transcendentes für unsern Scharfsinn sein, mag es uns auch nie gelingen, uns eine deutliche, befriedigende Vorstellung der Existenzen und Lebensbedingungen auf jenen entfernten Globen zu bilden — über sie alle waltet dennoch ein großer Vater, der „mit gleicher Liebe seine Kinder liebt“, ob er sie auch — nach unserer Weise betrachtet — nicht mit gleichem Maße gemessen hat.

XIV.

Fragmente zu einer künftigen physischen Planetographie.

Im vorigen Briefe haben wir die äußere kosmische Stellung, die mathematischen Verhältnisse der Planeten betrachtet, und ich war darin bemüht, diejenigen Folgerungen zu geben, welche sich über die eigenthümlichen Verhältnisse eines jeden der zu unserm System gehörenden Weltkörper aus den numerischen Bestimmungen derselben über Distanz, Umlaufzeit, Gestalt und Lage der Bahn, Rotationszeit, Lage des Aequators, Durchmesser und Masse ziehen lassen. Bei diesen Betrachtungen befanden wir uns auf sicherem Boden und die Resultate ergaben sich leicht und natürlich. Bleiben auch noch einige Lücken, so können diese doch nur einzelne Beziehungen und Objecte betreffen und sie thun der Zuverlässigkeit des Uebrigen keinen Eintrag. Es ist diese Zuverlässigkeit nöthwendiges Ergebnis der strengen mathematischen Consequenz, deren sich die Grundlagen unserer heutigen Astronomie seit Kepler und Newton erfreuen, und die Zukunft wird zwar jene oben erwähnten nicht unbedeutenden Lücken auszufüllen und sämtliche numerischen Bestimmungen scharfer zu geben haben, am wesentlichen Sachverhältnisse aber nichts mehr zu berichtigen finden. Denn daß kein einziges unserer numerisch ermittelten Daten eine absolute, ja die meisten noch lange nicht die wünschenswerthe und wahrscheinlich auch erreichbare Genauigkeit besitzen, hat ete wiederum nur auf die abgeleiteten Zahlen, keinesweges auf das dargestellte Sachverhältniß selbst, einen Einfluß, und alle wesentlichen Beziehungen, welche wir z. B. in dem Wechselverhältnisse zwischen Saturn und seinem Ringe nachgewiesen und dargestellt haben, werden bestehen

kleiben, wenn auch die Bestimmungen des Saturndurchmessers, der Ringbreite, der Rotationsperiode u. dgl. sich innerhalb der Grenzen, zwischen denen sie überhaupt noch schwanken können, in Zukunft ändern sollten.

Dem Verfasser mußte daran gelegen sein, die Ueberzeugung von der Sicherheit der darzustellenden Thatsachen bei seinen Lesern nicht dadurch zu schwächen, daß etwa eine oder die andere derselben einer solchen Sicherheit ermangelte. Er vermied es daher, in solche Verhältnisse einzugehen, die sich nur mehr oder minder wahrscheinlich machen lassen, und die nur unter gewissen Bedingungen, über welche sich nichts Sicheres ermitteln läßt, so und nicht anders sein können. Dahin gehörte z. B. die Frage über die Atmosphären der Weltkörper und die in ihnen vorgehenden Veränderungen, so wie überhaupt über die Oekonomie der Natur auf den einzelnen Globen unseres Kosmos. Obgleich er nun, wie man schon aus dem oben Gesagten abnehmen wird, das Feld der strengen mathematischen Betrachtung verlassen und statt der Gewißheit Wahrscheinlichkeit geben muß, so wird er dennoch mehr dahin streben, nie die hier so nöthige Vorsicht und Behutsamkeit aus den Augen zu setzen, als dem Ruhme eines durchdringenden Scharfsinns und einer genial-kühnen Combination nachzujagen. Mögen immerhin die, denen der Verfasser nicht weit genug geht, durch ihre eigene lebhaftere Phantasie das Fehlende ersetzen und die leer gelassenen Räume nach eigenem Belieben ausfüllen. Zwar ließen sich, wenn man sich hier auf Autoritäten, berufen wollte, für manche überaus feste Behauptung höchst achtbare Gelehrte citiren. Wir erinnern nur an Huygens „Cosmotheoros“, der, nachdem er zu dem Schlusse gekommen ist, daß die Jupitersmenschen nicht größer als unserer Mäuse sein dürften, sich alles Ernstes fragt, wie denn diese Gommeneuli bei ihren astronomischen Beobachtungen im Stande

wären, die großen Instrumente, die man doch nothwendig auf ihren Sternwarten voraussetzen müsse, zu bewegen und zu richten: ein bedenklicher Umstand, der ihn an seinem sinnreichen Schlusse wieder irre macht. Wenn nun schon ein gründlicher Gelehrter wie Huygens, dem die ernste Wissenschaft so viele wichtige Forschungen verdankt, in eine Verirrung gerathen konnte, die der, welche Newton's „Erklärung der Offenbarung Johannis“ uns darlegt, nichts nachgiebt, so mag man leicht erachten, was schwärmerische Halbwisser, denen kein mathematisches Gewissen warnend zur Seite stand, auf diesem weiten und gänzlich herrenlosen Gebiet für Unfug angerichtet haben! Die ältesten wie die neuesten Zeiten liefern der Beispiele in Menge.

Indeß um zur Sache zu gelangen, will ich im Voraus meine Ueberzeugung dahin aussprechen, daß jeder Weltkörper bewohnt sei, wiewohl ich hinzufügen muß, daß die Beobachtung für sich allein nicht im Stande ist, eine solche Ueberzeugung außer Zweifel zu setzen; und daß sie aus eben diesem Grunde sich auf den ganz allgemeinen Begriff des Bewohntseins, ohne irgend eine nähere Bestimmung, beschränken muß. Vielmehr wird man, wenn man durchaus weiter gehen will, fast nur negative Angaben gewinnen, und nur sagen können, wie die Bewohner dieses oder jenes Weltkörpers nicht beschaffen sind, was begreiflich keine Grundlage für eine positive Vorstellung von ihnen an die Hand giebt. — Sene Ueberzeugung nemlich beruht nur in sofern auf Beobachtungen, als diese zu dem Schlusse berechtigen, daß eine Bewohnung der fremden Weltkörper möglich, und daß das Gegentheil nur unter sehr gezwungenen Annahmen behauptet werden könne. Leugnen läßt sich aber durchaus nicht, daß die Beobachtungen auch diese Möglichkeit des Gegentheils offen lassen, wie gering sie auch sein möge.

— Verbindet man aber mit dieser durch die Beobachtungen

gewonnenen Möglichkeit und resp. Wahrscheinlichkeit des Bewohntheits der Weltkörper den Satz: daß alles Erschaffene die höchste Zweckmäßigkeit darlege, und daß derselbe allweise Urheber, nach dessen Willen unser eigener Wohnort sich gestaltete, auch alle übrigen in's Dasein rief: so fühlt man sich gedrungen anzuerkennen, daß auch jene Globen einen Zweck, und zwar den edelsten und höchsten, dessen sie fähig sind, erfüllen. Sie sind aber fähig, bewohnt zu werden — versteht sich im obigen ganz allgemeinen Sinne des Wortes — folglich können wir nicht umhin, sie auch für bewohnt zu halten, da wir nicht vermögen, einen höheren und edleren Zweck derselben uns zu gedenken.

Wollte man hier einwenden, daß gar wohl ein und der andere Weltkörper nur um eines andern willen vorhanden sein dürfte, und daß z. B. die Monde, auch ohne bewohnt zu sein, dennoch nicht zwecklos zu sein brauchten, indem sie ja zur Erleuchtung der Hauptplaneten bestimmt sind: so wird man wenigstens zugeben müssen, daß hier Mittel und Zweck in einem ganz unangemessenen Verhältnisse stehen. Schon früher hat der Verfasser darauf aufmerksam gemacht, wie wenig die besonderen Umstände bei den Trabanten der größeren Planeten einer nur einigermaßen merklichen Beleuchtung günstig sind, wie beim Saturnringe sogar Lichtberaubung in weit größerem Maße als Lichtspendung stattfindet, so daß man sich fast zu dem Schlusse versucht fühlen möchte, die Monde seien absichtlich so gestellt, daß sie ihren Hauptplaneten möglichst wenig Licht geben. Es bedarf doch wahrlich keines großen Scharfsinnes, um nachzuweisen, mit wie viel geringeren Mitteln und um wie Vieles vollständiger sich diese Beleuchtung hätte veranstalten lassen, wenn es auf sie in der Hauptsache abgesehen gewesen wäre! Und fast ganz dasselbe läßt sich auch von

der Erwärmung der Planeten sagen, wozu allerdings die Sonne wesentlich erforderlich ist, von der aber ein Millionenheil, wenn es der Erde hundertfach näher gerückt würde, denselben Dienst und zwar in gleichem Grade verrichten könnte. Ueberhaupt aber kann zugegeben werden, daß wechselseitige Beziehungen zwischen den verschiedenen Weltkörpern und Weltkörper-Ordnungen in sehr mannichfacher, und vielleicht nur zum geringern Theile bekannter Weise thatsächlich bestehen, und folglich auch bestehen sollen, ohne daß daraus folgt, daß hiermit ihre ganze oder selbst nur ihre hauptsächlichste Bestimmung erschöpft sei. Unsere Erde selbst dient ja nicht minder, die Nächte des Mondes — und zwar in sehr starkem Verhältnisse — so wie im geringeren Grade auch die einiger anderen Weltkörper zu erleuchten und ihr Firmament zu zieren; und wer wird darin ihre Hauptbestimmung erblicken wollen? Von welchem Gesichtspunkte aus man auch immer die Erde mit den übrigen Weltkörpern, nahen oder entfernteren, vergleichen wolle, — man wird sich vergebens nach einem Kriterium umsehen, welches gerade sie eines so ungemeinen Vorzuges ausschließlich würdig machen, sie allein als auserwählt darstellen sollte, auch Bewohner zu haben.

Bis zu diesem Punkte also halte ich die Speculation für berechtigt, aber auch nur bis zu diesem. Wie wir bei manchen eben so wichtigen Fragen — ich erinnere nur an die über unsere eigene Fortexistenz — gleichfalls wohl eine allgemeine Ueberzeugung, aber nicht die geringste nähere Bestimmung, so wünschenswerth sie auch sein möge, erlangen können, so auch bei dieser. Denn daß auf rein speculativem Wege kein weiterer sicherer Gewinn erlangt werden könne, muß jeder Unbefangene sich eingestehen. Versucht hat man es vielfältig; allein noch jedesmal wurden diese angeblich philosophischen Träume, in denen eine Generation sich gefiel,

von der nächstfolgenden verlacht, und von der späteren Nachwelt ganz vergessen. Man müßte demnach wieder auf die Beobachtungen zurückgehen, und diese — geben uns allerdings Manches, in einigen Fällen sogar sehr vieles Einzelne, was nicht ohne Beziehung auf die Bewohner eines Planeten sein kann — nur gerade das nicht, was wir am liebsten wissen möchten. Wie sind jene Bewohner gestaltet? Wie ist ihre Lebensweise beschaffen? In welchem Verhältnisse stehen ihre körperlichen und geistigen Fähigkeiten zu den unsrigen? u. s. w., u. s. w. Ueber alles dieses lehren uns die Beobachtungen direct nichts und können uns nichts lehren. Wenn man uns nun gleichwohl, selbst in den neuesten Zeiten, alles Ernstes über die religiösen Feste der Venusbewohner und über die Handelsbeziehungen auf Saturn — von den Seleniten gänzlich zu schweigen — unterhalten hat, so können wir uns dergleichen zwar gern gefallen lassen, wenn es in Romanform, auf geistreiche Weise behandelt, geboten wird; nicht aber, wenn es mit dem Anspruch die Wissenschaft zu bereichern, und in einer Gestalt wie nur die Wahrheit erscheinen darf, auftritt.

Vielleicht möchten Manche geneigt sein, diesem harten Urtheile nicht durchaus und unbedingt beizutreten. Was namentlich die geistigen Fähigkeiten der Bewohner fremder Weltkörper betrifft, so haben sich selbst achtbare Forscher darin gefallen, eine gewisse Stufenfolge anzunehmen, gegründet theils auf die verschiedenen Ordnungen und Kategorien der Weltkörper, theils auf die Distanz und andere ähnliche Relationen. Man erwartet für unsere eigenen Geisteskräfte eine wesentliche Steigerung von einer einstigen größeren „Befreiung aus den Banden der Materie“. Der Verfasser ist so weit entfernt, diese Erwartung in's Lächerliche ziehen zu wollen, daß er vielmehr bekennt, ihr nichts Besseres substituiren zu können.

Nun fühlt man sich allerdings versucht, weiter zu argumentiren. Die „Banden der Materie“ bestehen doch wohl vor Allem in der materiellen Attraction, d. h. in der Schwerkraft, und da diese auf den verschiedenen Weltkörpern notorisch sehr verschieden, bei einigen sogar in ihren einzelnen Zonen beträchtlich ungleich ist, so scheint es, daß man nichts weiter nöthig habe, als eine Tafel über die Fallhöhen oder Wendellängen auf diesen Weltkörpern, die sich ja bekanntlich mit aller mathematischen Consequenz ableiten lassen. Man lehre das Verhältniß dieser Zahlen um, und man hat eine Stufenfolge der geistigen Existenzen und ist so vergleichungsweise sehr leichten Laufs zu einem der allerwichtigsten, interessantesten und folgenreichsten Sätze gelangt. Allein die in Zahlen ausgedrückte, als Fallhöhe gegebene Schwerkraft ist sicherlich nur ein einzelnes und wahrscheinlich noch ziemlich untergeordnetes Moment bei dieser Beurtheilung; die körperliche Organisation der betreffenden Wesen, und namentlich die Schärfe ihrer Sinneswerkzeuge, die auf keine uns erkennbare Weise mit der Schwerkraft zusammenhängt, ist ein viel wichtigeres, obwohl wir auch damit noch bei Weitem nicht an's Ziel gelangen könnten. Oder will man etwa dem Schmetterling in geistiger Beziehung die erste Stelle unter den Erdbewohnern einräumen, die Vögel und anderes Geflügel ihm folgen lassen, und die übrigen Thierklassen, unter denen der Mensch — ich weiß nicht welchen, sicherlich aber nicht den obersten — Rang einnehmen würde, jenen nachstellen? Alles zusammengekommen, bleibt uns also höchstens eine Vermuthung übrig, daß der nicht zu leugnende Einfluß materieller Zustände auf geistige Entwicklung sich in der angegebenen Weise bethätigt haben werde.

Mit weit besserem Grunde würde man das Maas der körperlichen Kraft, dessen die Bewohner eines Weltkörpers bedürfen, mit dem Maas der Schwerkraft an seiner Oberfläche

in Verbindung setzen können. Es ist positiv gewiß, daß kein einziges Erdengeschöpf Kraft genug besitze, um auf der Sonnenoberfläche sich in der Weise zu bewegen oder seine Gliedmaßen zu rühren, als auf unsrer Erde; denn dort sind diese „Vande der Materie“ $28\frac{1}{2}$ mal stärker als bei uns. Je größer und massenhafter ein Weltkörper ist, desto kräftiger müssen die Körper seiner Bewohner sein, und unsre Herculesse würden, auf die Sonne oder einen andern Fixstern versetzt, sich als besamernswürdige, gliederlahme Schwächlinge produciren. Der umgekehrte Schluß wird für die kleineren Weltkörper, also namentlich bei den Planetoiden und den Monden, gültig sein.

Wir gehen nun zur Betrachtung der einzelnen Planeten über.

Mercur

bletet uns wenig Wahrnehmbares. Sein bligendes Licht und sein tiefer Stand in der Dämmerung (in voller Nacht ist er gar nicht zu sehen) machen es nöthig, ihn am Tage zu beobachten. Alles, was mit einiger Bestimmtheit auf seiner Oberfläche wahrgenommen ist, verdanken wir Harding und Schröter, und es reducirt sich dies auf einen dunklen, gegen die Lichtgrenze schrägen Streifen, den Harding am 18. Mai 1801 und Schröter am folgenden Tage sah; so wie auf eine unregelmäßige und veränderliche Gestalt der südlichen Hornspitze, welche die genannten Beobachter vom 25. April bis 14. Juni 1801 wiederholt wahrnahmen, und die ihnen zur Bestimmung der Rotation gedient hat. Beide Wahrnehmungen deuten auf Verschiedenheit des Lichtreflexes (und also der Bodenformation) und Unebenheiten des Niveaus. Schröter hat sogar den Versuch gemacht, die Höhen der Berge zu bestimmen, welche jene Ungleichheiten an der südlichen Hornspitze veranlaßt haben, und er findet sie in senkrechter Richtung 3 geographische Meilen. — Uns

scheint dieser letztere Versuch ein zu gewagter. Daß ein Berg, der in 15 — 20 Millionen Meilen Entfernung noch eine Spur seines Daseins verräth, von beträchtlicher Höhe sein müsse, wird Jeder gern zugeben. Aber wenn von einer numerischen Bestimmung die Rede ist, so muß man sich mindestens über die Grenzen ihrer Unsicherheit einige Rechenschaft geben können, und dies ist im vorliegenden Falle ganz unmöglich, da nur ganz rohe Schätzungen zu Grunde liegen, was freilich kein Vorwurf für die Beobachter sein kann, die gethan haben, was unter den gegebenen Umständen den irgend möglich war.

Spuren einer Atmosphäre des Mercur hat man in dem matten Lichtabfall an der innern Grenze der Phase, so wie darin zu finden geglaubt, daß die Phase immer etwas kleiner erscheint, als die Berechnung es fordert. Beides erklärt sich am wahrscheinlichsten durch eine lichtschwächende atmosphärische Umhüllung. Daß man bei Mercursdurchgängen nichts Ringartiges um den schwarzen Körper Mercur's herum bemerkt hat, ist kein Beweis gegen ihre Existenz, denn sie müßte ganz ungemein hoch und dicht sein um den hindurchgehenden Sonnenstrahl auf eine für uns wahrnehmbare Weise modificiren zu können. Alle Beobachter, welche sich guter Fernröhre bedienen konnten, fanden vielmehr die Begrenzung scharf und genau kreisförmig.

Bei einigen Beobachtern dieser Durchgänge kommt ein mattrothlicher Punkt vor, der auf der schwarzen Scheibe (also der Nachtseite) Mercur's gesehen worden, während die meisten andern (unter ihnen auch der Verfasser) trotz angestrengter Aufmerksamkeit von einem solchen Phänomen nichts wahrgenommen haben. In ganz ähnlicher Weise ist bei derselben totalen Sonnenfinsterniß von einigen Beobachtern ein bligähnlicher Schimmer momentan auf der Mondscheibe wahrgenommen worden, während Andre

das Gegentheil aufs Bestimmteste versichern. Wir glauben daher annehmen zu können, daß jener Punkt und dieser Schimmer nur subjective Erscheinungen waren, die durch den Glanz der nahen Sonnenscheibe im Auge des Beobachters angeregt wurden, und vermögen es nicht, darin die Anzeichen eines großen Brandes auf dem Mercur und eines Nordlichts auf dem Monde zu erkennen, welches beides man darin gesucht und sogar die Ausdehnung des Phänomens nach Meilen zu bestimmen gewagt hat. Wir halten vielmehr, nach Allem, was in Beziehung auf diesen Planeten erforscht worden, ihn für einen unsrer Erde im Ganzen ganz ähnlichen Körper, umgeben von einer Atmosphäre, und an seiner Oberfläche Unebenheiten zeigend. Seiner übrigen Verhältnisse, die aus dem Stande gegen die Sonne, der Rotation u. s. w. folgen, ist bereits früher gedacht worden.

Venus,

schon von Homer als der schönste unter den Sternen des Himmels bezeichnet, schien wegen ihrer Nähe, bedeutenden scheinbaren Größe und bequemen Sichtbarkeit am meisten zu Beobachtungen aufzufordern, die ihre Oberfläche betrafen. Auch datiren sie schon aus der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts, und die Zahl der Astronomen, welche sich ihnen gewidmet, ist keine geringe. Gleichwohl sind die Erfolge weit unter der Erwartung geblieben; wir wissen von der Venusoberfläche weit weniger, als von der des Mars oder Jupiter. Gewöhnlich, ja fast immer erscheint ihre Scheibe nemlich in ganz gleichem, nur an der innern Lichtgrenze etwas matterem Lichte und in regelmäßiger Gestalt. Nur mit der äußersten Mühe und unter den günstigsten, selten eintretenden Umständen haben einige Beobachter Flecke gesehen, die jedoch nie scharf begrenzt, sondern höchst verwa-

schen, von unbestimmter Gestalt und äußerst matt sich zeigten. Cassini sah sie in Stallen, und bestimmte aus ihnen die Rotation; in Frankreich, wiewohl lange Jahre hindurch als königlicher Astronom mit sehr großen Fernröhren beobachtend, konnte er sie nie zu Gesicht bekommen. Bianchini sah in den Jahren 1714—16 dergleichen, die ihm aber ein von dem Cassinischen gänzlich verschiedenes Resultat gaben; später Schröter, Herschel, Flaugergues, de Vico (in Rom). Andern, wie Lamont und dem Verfasser dieses Aufsatzes, ist dies trotz aller Mühe und in sehr lichtstarken Fernröhren nie gelungen, und die oben Genannten versichern fast einstimmig, daß sie überaus schwach gewesen seien. Herschel hatte lange und fruchtlos nach ihnen gesucht, und als er sie endlich sah, wagte er nicht, irgend etwas aus ihnen zu schließen. Am glücklichsten scheinen noch die neuesten Beobachter in Rom gewesen zu sein, welcher Ort merkwürdigerweise seit fast zwei Jahrhunderten fast der einzige ist, der sich einiger positiven Erfolge in dieser Beziehung rühmen kann.

Dagegen scheint ein anderes Phänomen etwas weniger selten zu sein. Schröter zuerst, später Harding, Kunowsky, Frißsche und der Verfasser haben wahrgenommen, daß zu der Zeit, wo Venus sichelförmig erleuchtet erscheint, theils beide Hornspitzen, theils nur eine derselben (gewöhnlich die südliche) Unregelmäßigkeiten der Bildung zeigte. Eine vollkommene, aus großer Entfernung beleuchtete und aus gleichfalls bedeutendem Abstände, aber anderer Richtung, gesehene Kugel muß nemlich von einem halben Kreise und von einer halben Ellipse begrenzt sein, welche beide Curven in den Punkten, wo sie sich berühren, die Hornspitzen bilden. Die Gestalt dieser Hornspitzen läßt sich also unter der obigen Voraussetzung, und da die Lage der Venuskugel hinreichend bekannt ist, ganz genau berech-

nen, und meistens, jedoch nicht immer, entspricht auch die Beobachtung dieser Rechnung. Die bemerkten Abweichungen bestehen in einer abwechselnd größern Zuspitzung oder Abstumpfung, in einer unregelmäßigen Krümmung nach innen, ja in einzelnen Fällen sogar in sternartigen, abgetrennten Punkten. Zuweilen sind 5–10 Minuten schon hinreichend, um eine Veränderung in dieser Erscheinung hervorzubringen; auch kehren die gleichen Erscheinungen eine kurze Zeit hindurch periodisch wieder, und die hieraus abgeleitete Periode stimmt nahezu mit der zusammen, welche man aus den Fleckenbeobachtungen erhalten hat.

Auch ist die innere (elliptische) Lichtgrenze einigen Beobachtern zuweilen nicht als scharfe gleichmäßige Curve, sondern mehr oder minder ausgezackt erschienen. Daß die Begrenzung hier weniger scharf sei, als am äußern Rande, fällt auch schon bei Fernröhren von geringerer optischer Kraft auf, erklärt sich indessen schon allein durch den matten Lichtabfall.

Bemerkenswerth aber dürfte der Umstand sein, daß man einige Male — jedoch mit Bestimmtheit nur in den Jahren 1756 und 1802 — den unerleuchteten Theil der Venus in einem aschfarbenen Lichte, ähnlich dem bekannten Erblichte auf der unerleuchteten Mondscheibe, beobachtet hat. Da Venus keinen Mond hat, wenigstens keinen, der eine solche Erleuchtung bewirken könnte (denn wenn schon sein Widerschein uns sichtbar sein sollte, um wie viel mehr müßte er selbst es sein) so ist eine Erklärung dieses Phänomens nicht leicht. Am wahrscheinlichsten ist hier eine Phosphorescenz anzunehmen, die in seltenen Momenten eine solche Intensität erreicht.

Dies ist im Wesentlichen Alles, was die Beobachtungen der Venusoberfläche uns gelehrt haben. Auch ist wenig Aussicht vorhanden, daß uns die Zukunft erheblich mehr

bieten dürfte. Sehr starke Vergrößerungen verträgt Venus gar nicht und die größere Lichtstärke der Fernröhre gewährt gleichfalls keine sonderlichen Vortheile, da Venus an sich lichtstark genug ist. Man wird sich also wohl begnügen müssen, zu den vorhandenen Thatfachen die wahrscheinlichsten Erklärungen aufzusuchen.

Venus ist wahrscheinlich von einer starken und wenig durchsichtigen Atmosphäre umgeben, so daß wir in der Regel nicht die Oberfläche des Venuskörpers selbst, sondern die seiner fast permanenten Wolkendecke vor uns sehen, die einer fast permanenten Durchsicht gestattet. Es ist sehr nur eine unvollkommene Durchsicht gestattet. Es ist sehr mißlich, über die Constanz der Venusflecke ein Urtheil zu fällen; einige Wochen und vielleicht Monate hindurch scheinen sie es zu sein, ob auf längere Zeit oder gar für immer, bleibt bei ihrer so sehr unbestimmten Gestalt unentschieden, und die Venuskarten, die schon Bianchini versuchte, können in keiner Art eine sichere Basis abgeben.

Die erwähnten unregelmäßigen Krümmungen der Hornspitze, die abgetrennten Lichtpunkte und die zackigen Lichtgrenzen erklären sich unter allen erwähnten Phänomenen am leichtesten und sichersten durch die Annahme beträchtlicher gebirgiger Ungleichheiten. Beträchtlich in jedem Falle, da sie in so großer Entfernung überhaupt noch ihr Dasein verrathen, aber schwerlich fünf deutsche Meilen hoch, wie Schröter zwar nach einer theoretisch richtigen Methode, jedoch aus viel zu unsichern Daten berechnet hat. Es läßt sich vielmehr darthun, daß sie die erwähnten Erscheinungen auch selbst dann noch veranlassen können, wenn sie nicht höher als die höchsten der Erde und des Mondes, also eine deutsche Meile hoch sind. Daraus, daß die südliche Hornspitze die Ungleichheiten etwas deutlicher als die nördliche zeigt und daß namentlich der abgetrennte Punkt am Südhorne gesehen ward, hat man auf eine größere Höhe der Wälder, astronomische Briefe.

Gebirge in der südlichen Venushalbkugel, allerdings nicht unwahrscheinlich, geschlossen. Zu jener Zeit (gegen Ende des vorigen Jahrhunderts) galten die peruvianischen Anden noch für die höchsten Berge der Erde; und da nun auch das südliche Mondhorn schon bei einer ganz rohen Betrachtung sich viel ungleich und zerrissener als das nördliche darstellt, so wagte man die Behauptung, daß auf den vier Weltkörpern Erde, Mond, Venus und Mercur die südlichen Halbkugeln die gebirgigsten seien. Kein anderer planetarischer Weltkörper bietet uns Gelegenheit, Spuren gebirgiger Ungleichheiten wahrzunehmen, und sofort glaubte man einem allgemeinen Naturgesetze auf die Spur gekommen zu sein, nach welchem alle südlichen Planetenhalbkugeln gebirgiger seien. Da wir jetzt von unserer Erde längst das Gegentheil wissen, da ferner genauere Untersuchungen der Mondoberfläche gezeigt haben, daß der Unterschied zwischen Süden und Norden dort keinesweges in solcher Entschiedenheit auftritt, um bestimmt sagen zu können, wo die absolut höchsten Gebirge liegen, und da wenigstens bei Mercur die Sache doch gar zu gewagt und unsicher erscheint, so ist wohl offenbar, daß wir nicht das Recht haben, von einem solchen allgemeinen Naturgesetze als einer Folgerung aus unsern Beobachtungen zu sprechen. Gleichwohl findet man es auch noch in der neuesten Zeit hin und wieder in einer so kategorischen Weise erwähnt, daß man eine solche Unkritik nur ernstlich rügen kann.

Uebrigens welche Verwandtniß hat es mit dem erwähnten aschfarbenen Lichte der Venus-Nachseite? Wie bereits erwähnt, ist an ein reflectirtes Mondlicht nicht zu denken; die Erde und auch Mercur müssen am dortigen Firmament bedeutend hell strahlen, können aber unmöglich ein so starkes Licht entwickeln, und überdies würde alsdann das Phänomen jedesmal bei gleicher Stellung zur Erde und Mercur, nicht

aber erst nach 46 Jahren wiederkehren. Es scheint also nichts übrig zu bleiben, als ein eigenthümliches (phosphorescirendes?) Leuchten der Oberfläche oder eine dem Nordlicht verwandte Erscheinung, die in seltenen Fällen, durch besondere Umstände begünstigt, einen so hohen Grad von Intensität erreicht, daß es uns noch sichtbar werden kann. Viele Leser werden sich noch des überaus starken und von Lissabon bis Irkutsk verbreiteten Nordlichts vom 7. Januar 1831 erinnern, gewiß das stärkste, was die lebende Generation in mittlern Breiten gesehen hat. Es ist gar nicht unwahrscheinlich, daß dieses Nordlicht ausnahmsweise von einem andern Planeten aus, wenn seine damalige Stellung gegen die Erde eine günstige war, und mit den uns zu Gebote stehenden optischen Hülfsmitteln sichtbar gewesen wäre. Auch der Verfasser bemerkte einmal (im April 1831) zwar nicht ein Leuchten der Venus-Nachseite, wohl aber ein System nordlichtartig fortschießender Strahlen, die vom Rande des Planeten ausgingen und deren einige sehr intensiv erschienen. Pastorff will auch eine Photosphäre von sehr bedeutender Erstreckung um Venus wahrgenommen haben, doch ist dies Phänomen wohl nur ein optisches gewesen. Da ich später gegen 10 Jahre lang mit dem Fernrohr beobachtete, welches früher im Besitz Pastorffs gewesen, so habe ich auch nach dieser Photosphäre gesucht. Es ist mir aber nie gelungen, sie bei Venus zu sehen, wohl aber erblickte ich sie einst bei Jupiter, und zwar so bestimmt, daß gerade darin mir der Beweis zu liegen scheint, es sei eine bloße Objectiv-Spiegelung gewesen.

Mars.

Die Scheibe des Mars erscheint uns zwar, selbst in der größten Erdnähe, im Durchmesser dreimal kleiner, als

die der Venus, und dieses Maximum erreicht er nur alle 15 Jahre einmal auf etwa einen Monat; auch ist der Phasenwechsel bei ihm nur unbedeutend; dennoch kennen wir ihn in physischer Beziehung ungleich besser, als jene, und die Erscheinungen, die er uns bietet, sind bei Weitem weniger räthselhaft, als die meisten ähnlichen an andern Planeten. Cassini muß bereits seine Flecken ziemlich gut erkannt haben, da er die Rotation belläufig eben so fand, wie die neuesten Beobachtungen sie mit großer Uebereinstimmung ergaben. Maraldi sah bereits im Anfange des 18. Jahrhunderts die merkwürdigen weißen Flecke in den Polargegenden der Scheibe. Herschel, Bafforff, Kunowsky u. A. beobachteten sowohl diese als andere Flecke und lieferten Zeichnungen derselben; der Verf. dieses Aufsatzes hat seit 16 Jahren den Mars, so oft es möglich war, aufmerksam betrachtet. Eine überschüssliche Zusammenstellung der wahrgenommenen Eigenthümlichkeiten möge hier folgen.

Die Oberfläche des Mars erscheint röthlich dunkelgelb, ist aber oft so mit Flecken verschiedener Farbe und Intensität angefüllt, daß eine allgemeine Grundfarbe kaum noch unterscheidbar ist. Die beste Begrenzung und bestimmteste Form zeigen die beiden glänzend weißen Polarflecke. Gewöhnlich sieht man nur einen von beiden, auch wohl keinen; im erstern Falle ist einer der Pole uns abgewandt, im letztern mögen beide genau im Rande liegen, wiewohl in solchen Fällen auch schon beide Flecke, nur freilich sehr schwach, gesehen worden sind. Die Veränderungen in der Ausdehnung dieser Flecke scheinen genau mit den Mars-Jahreszeiten zusammenzuhängen. Etwa dreißig Tage nach dem Zeitpunkt, wo die betreffende Halbkugel ihren Sommer hat, ist der Fleck am kleinsten. (Den Pol, welcher eben seinen Winter hat, können wir nach der Lage der Markugel von der Erde aus nicht sehen.) Der nördliche Polarfleck bleibt

im Minimo größer als der südliche, scheint sich aber auch nicht so weit als dieser im Maximo auszudehnen. Nicht immer ist die Begrenzung der Flecke ganz bestimmt, was übrigens auch leicht von der verschiedenen Heiterkeit und Ruhe unserer Atmosphäre herrühren kann. Ihr blendendes Weiß ist an heitern Abenden oft sehr auffallend. Dem Verf. begegnete es im Jahr 1837, daß während der Beobachtung plötzlich eine Wolke den Mars verdeckte. Die Scheibe selbst verschwand spurlos, der weiße Fleck aber hatte Licht genug, um noch eine Zeitlang im Fernrohr durch die Wolke gesehen zu werden, wo er wie ein isolirter Stern erschien.

Es steht also als Thatsache fest:

„daß eine glänzend weiße Masse sich bei abnehmender Jahreszeit als eine allgemeine Decke über die polaren Gegenden der Marsoberfläche verbreite und eine sehr bedeutende Ausdehnung“) erreiche, bei zunehmender Jahreszeit aber sich vermindere und bis auf einen kleinen (nur etwa 3 oder 4 Grad vom Pole aus sich erstreckenden) Raum völlig verschwinde, welches Minimum etwa 30 Tage nach dem höchsten Sonnenstande eintritt.“

Die Erklärung dieser Thatsache ergibt sich so leicht und ungezwungen, die einzelnen Wahrnehmungen stehen in so völliger Harmonie mit denen, welche unsre Erde einem entfernten Beobachter darbieten müßte, daß der Name Schneezonen, den schon frühere Astronomen diesen Flecken gegeben, vollkommen begründet erscheint und ihnen wohl für immer bleiben wird.

Mars hat also nicht bloß in mathematischer, sondern auch in physischer Beziehung seine Jahreszeiten wie unsre Erde, ist wie diese von einer Atmosphäre umgeben und es

“) Nach einer 1835 gemachten Beobachtung bis gegen den 55° südl. Br. hin.

bilden sich in denselben Niederschläge, ähnlich — vielleicht selbst völlig gleich — denen, die wir auf unserm Planeten erblicken.

Dies ist nun schon ein bedeutender Schritt, der uns bei den weiter aufzuführenden Thatsachen zu Statuten kommen wird.

Der übrige Theil der Kugel, diejenigen Striche nicht ausgenommen, welche zuweilen eine Schneedecke tragen, ist mit schwärzlichen Flecken von sehr verschiedener Intensität besetzt. Die größeren Flecke wenigstens scheinen der Hauptsache nach constant zu sein. Sie ändern zwar bedeutend ihre Schwärze, so wie die Intensität ihrer Begrenzung, aber nicht ihren Ort (mit Ausnahme natürlich der allgemeinen Umdrehung) und werden, wenn von einer Opposition zur andern (780 Tage) die Stellung des Mars gegen die Erde nicht etwa eine zu starke Aenderung erfahren hat, gewöhnlich wieder gefunden. Unter ihnen scheint es auch veränderliche, aber von geringerer Ausdehnung und Schwärze, zu geben, doch ist bei der großen Schwierigkeit ihrer Beobachtung dies nicht sicher zu entscheiden. Namentlich habe ich 1837 an der Nordhalbkugel eine schwärzliche Zone gefunden, welche die Polarzone rings herum, wiewohl ungleich breit, umgab, und von der ich 1839 nur zuweilen einen sehr schwachen Rest wieder fand. Es mögen dies diejenigen Gegenden gewesen sein, in welchen der Schnee eben geschmolzen und noch nicht abgetrocknet war, wogegen die bereits um 60 Tage weiter vorgerückte Jahreszeit in der Opposition von 1839 bereits einen abgetrockneten Boden an dieser Stelle zeigte.

Diese dunkeln Flecke zeigen sich stets deutlicher und bestimmter in den Aequatorgegenden und auf derjenigen Halbkugel, die ihren Sommer hat; unbestimmter, blasser, verwischener dagegen in der Winterhalbkugel.

Es mögen also auf der Marsoberfläche Land und Wasser, wie auf unsrer Erde, sich in den gegebenen Raum theilen, und wolkenähnliche Verdichtungen sich zeitweilig über dem einen wie über dem andern erzeugen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß wir mit der Zeit zu einer Marskarte gelangen werden, bei der man freilich an kein Mondkarten-detail denken darf, die aber doch in den Hauptumrissen und ein treues und anschauliches Bild dieses unsrer Erde so nahe verwandten Nachbarplaneten geben dürfte.

Außer jenen schwarzen oder schwärzlichen Flecken wird nicht selten auf der Marsfläche ein mehr oder minder verbreiteter röthlicher Schimmer bemerkt. Mars erscheint zwar, wie bekannt, dem bloßen Auge durchaus roth. Allein bei genauer Beobachtung im Fernrohr zeigt sich der Grund eigentlich nur dunkelgelb, und die Vermischung dieses Gelb mit dem Schwarzgrau und dem blendenden Weiß der Flecke mag die Empfindung des Rothens im freien Auge erregen. Nun aber sieht man im Fernrohr diese oder jene Gegend im rothen Schimmer, während zu andern Zeiten keine Spur davon gesehen wird, und wir stehen nicht an, dieses Roth von der Brechung der Sonnenstrahlen in der Marsatmosphäre herzuleiten und es mit dem Morgen- und Abendroth unsrer Erde in eine Kategorie zu stellen.

Auch ein bläulichter Schimmer, namentlich in den Randgegenden der Scheibe, ist von Mehrern wahrgenommen worden, ja Einige haben geglaubt, den Mars gleichsam von zwei blauen Menisken zu beiden Seiten der Polarflecke eingefaßt zu sehen. Mir ist dieses Blau stets nur als ein sehr unbestimmter und vereinzelt auftretender Schimmer erschienen; nie sah ich es in den Mittelregionen der Scheibe und nur selten konnte ich seiner recht gewiß werden.

Einen wahrnehmbaren Einfluß auf Sternbedeckungen zeigt übrigens die Marsoberfläche nicht, ihre Ausdehnung in

den Weltraum hinein dürfte also wenigstens nicht viel bedeutender sein, als die der Erdatmosphäre. Deutlich zeigt sich dagegen ihr lichtschwächender Einfluß in der bedeutenden Abschwächung derjenigen Flecke, die nicht die Mittelregion des Mars einnehmen.

Wenn wir uns in Erinnerung bringen, daß die Jahreszeiten auf Mars, wegen der bedeutenden Excentricität seiner Bahn, etwas anders als auf der Erde vertheilt sind, so daß

die Nordhalbkugel einen langen aber kühlen Sommer, und einen kurzen und milden Winter,

die Südhalbkugel dagegen einen kurzen und heißen Sommer, und einen langen und strengen Winter

empfindet, so daß z. B. die Dauer des südlichen Sommers zu der des nördlichen wie 7 : 9, dagegen die Intensität wie 29 : 20 sich verhält: so dürfte mit dieser Verschiedenheit die Wahrnehmung zu vereinigen sein, daß die Schneezone der südlichen Halbkugel weit stärkeren Veränderungen unterworfen ist, als die der nördlichen.

Eine möglichst detaillierte Kenntniß der Marsoberfläche wird von den südlichen Sternwarten unsrer Erde erwartet werden müssen, da Mars in den Oppositionen, wo er der Erde am nächsten kommt, stets eine starke südliche Abweichung hat.

Die kleinen Planeten bieten für unsern nächsten Zweck so gut als nichts. Wohl könnten einige Beobachtungen Schröters angeführt werden, der zwei derselben, Ceres und Pallas, in einer Nebelhülle versteckt erblickte. Da wir aber von eben demselben Beobachter auch Durchmesser dieser Planeten besitzen, welche entschieden vielmal zu groß sind, und da spätere Beobachtungen mit guten Achromaten nichts der Art gezeigt haben, so ist es wohl am wahrscheinlichsten, diese Nebelhüllen (von resp. 101 und 146 Meilen Höhe) den

undeutlichen verwaschenen Bildern zuzuschreiben, welche Schröters Teleskope von diesen Planeten gegeben haben mögen. Dies ist wenigstens das Urtheil derer, welche mit diesen Teleskopen näher bekannt sind.

Etwas bessern Grund dürften die Wahrnehmungen haben, wonach diese Planeten und besonders Juno und Vesta einen Lichtwechsel zeigen. An einen eigentlichen Phasenwechsel, der uns noch wahrnehmbar sein könnte, ist freilich nicht zu denken, und man müßte also den Umstand, daß sie bei gleichem Abstände von Erde und Sonne dennoch bald heller, bald dunkler erscheinen, dadurch erklären, daß eine Seite derselben in weit größerem Maße als die andre mit dunkeln Flecken besetzt ist. Doch sind diese Wahrnehmungen noch viel zu spärlich und isolirt, um irgend eine Berechnung zu gestatten und etwas bestimmt Periodisches aus ihnen abzuleiten.

Jupiter.

Dieser Planet stellt sich uns unter einem beträchtlichen, nur von Venus zuweilen übertroffenen Durchmesser dar, und Beobachtungen seiner Oberfläche sind ziemlich leicht anzustellen. Auf keinem Planeten treten die Flecke in so bestimmter Form und in so scharfer Begrenzung auf, als bei diesem schönen Gestirn. Seine Grundfarbe ist hellgelb, und auf diesem gleichmäßigen Grunde ziehen zunächst große, dem Aequator des Planeten fast parallele Streifen hin, die eine schwärzliche, zuweilen auch ins Braune spielende Farbe zeigen. Sie sind nicht constant, obgleich sie nie gänzlich fehlen; am gewöhnlichsten sieht man zwei solche Streifen, die sich um die ganze Kugel herum erstrecken. Schon bei 30—40 maliger Vergrößerung eines guten Fernrohrs kann man sie wahrnehmen; deutlicher freilich in stärkeren Vergrößerungen, die man bei Jupiter viel weiter treiben kann,

als bei Venus. Neben diesen Hauptstreifen, welche die Mittelgegend der Kugel einnehmen, zeigen sich nun näher den Polen zu auf beiden Halbkugeln kleinere, jedoch beträchtlich blasser, auch oft nicht rings herum ziehend, sondern unbestimmt verlaufend, stets aber den Hauptstreifen so nahe parallel, daß eine Abweichung schwer bemerkbar wird. Ihre Anzahl ist unbestimmt, da sie wie die Hauptstreifen veränderlich sind und sich überdies in den polaren Gegenden Jupiters in eine allgemeine Schattirung verlieren, die zwar noch immer ein streifenartiges Ansehen hat, in der sich jedoch einzelne Streifen nicht mehr unterscheiden lassen. In einer Beobachtung bei 300 maliger Vergrößerung vermochte ich 14 Streifen zu unterscheiden; ein anderes Mal 9. Eine Untersuchung über die Lage gegen den Aequator bei einem dieser Streifen der eine ungewöhnlich scharfe, geradlinige Kante zeigte, ergab 52' Neigung gegen Iegtern, und diese Größe mag wohl nur selten überfliegen werden.

Die einzelnen Streifen sind nicht rings herum gleich breit; auch sind ihre Ränder selten geradlinig, sondern zeigen uns zahlreiche Buchten, Vorsprünge und Ausläufer; nie jedoch gewahrt man, daß ein Streifen den andern durchsetze. Auch die Intensität ist häufig in den verschiedenen Theilen verschieden. Es zeigen sich zuweilen lichte Spalten, häufiger aber noch knotenartige Verdichtungen, die sich bisweilen bei sehr starken Vergrößerungen in eine Menge kleiner schwarzer Punkte auflösen lassen. Oft hat der ganze Grund des Streifens ein wolkenähnliches, gleichsam marmorirtes Ansehen.

Wir bezeichneten diese Streifen als veränderlich; es ist indeß zu bemerken, daß diese Veränderungen ziemlich langsam vor sich gehen. Man kann häufig einen ganzen Monat hindurch nichts von Veränderungen wahrnehmen. Zu Cassini's und Maraldi's Zeiten soll ein großer Fleck gegen fünfzig Jahre lang sichtbar gewesen sein. Ihren Ort

verändern diese Flecke entweder gar nicht oder doch sehr langsam.

Zuweilen löst ein Streifen sich allmählig auf, indem er fortwährend bleicher und endlich nicht mehr gesehen wird. Enthält er knotenartige Theile, so bleiben diese gewöhnlich noch lange nachher stehen. Oder eine anfänglich schmale und kaum wahrnehmbare Spalte erweitert und verlängert sich gleichzeitig, so daß sie endlich rings herum geht und aus einem Streifen zwei macht.^{*)} Mit einer Zunahme der Schwärze bei einem Streifen ist gewöhnlich auch eine Zunahme der Breite verbunden.

Der Raum zwischen beiden Hauptstreifen ist stets von geringer Breite, etwa 2 bis 3 Grade der Jupiterskugel (320 bis 480 Meilen), sie selbst gewöhnlich beträchtlich breiter. Die kleinern Streifen sind äußerst schmal und verlieren sich in eine feine Schraffitur. Man findet häufig bei biblischen Darstellungen des Planetensystems auch Abbildungen des Jupiters, die fast alle darin fehlerhaft sind, daß sie diese kleinern und schwächern Streifen, die sich in der Wirklichkeit stets sehr bestimmt von den großen Hauptstreifen unterscheiden, viel zu stark angeben. Ueberhaupt nehmen astronomische Zeichnungen, wenn sie getreu sein sollen, die Kunst des Lithographen in keinen geringen Anspruch, und wir haben z. B. von den großen Nebelflecken erst in ganz neuester Zeit Abbildungen erhalten, die einigermaßen den Kenner zu befriedigen im Stande sind.

Man gewahrt sehr deutlich, daß die Streifen gegen den Rand des Jupiter hin bleich abfallen, ja für unsern Anblick den äußersten Rand gar nicht erreichen. Ein Gleiches

^{*)} In einem von mir beobachteten Falle dieser Art verfloßen acht Erdentage von der ersten Wahrnehmung einer Spalte bis zur vollständigen Theilung in zwei Streifen.

gibt von den Flecken, die sich zuweilen in diesen Streifen bilden, sie rücken höchstens 55° bis 60° über die Mitte hinaus und verschwinden dann für unser Auge; und bei ihrer Wiederkehr am entgegengesetzten Rande verhält es sich in ähnlicher Weise. Die Erklärung liegt nahe: die starke Atmosphäre Jupiters schwächt bei ihm, mehr noch als bei Mars, die Bilder aller Oberflächentheile, zu welchen unsere Gesichtslinie nicht ganz oder doch beinahe rechtwinklig durch sie hindurchgeht. Daß diese Erklärung die richtige sei, wird auch dadurch unterstützt, daß jene Abschwächung sich nicht auf die Schatten der Trabanten erstreckt, wenn diese bei Finsternissen auf den Jupiter fallen. Diese zeigen sich vielmehr auf allen Punkten ihres Weges über die Scheibe von gleicher und zwar sehr tiefer Schwärze, wodurch zugleich der Beweis geführt werden kann, daß Jupiter kein eignes Licht habe, oder doch nur in so geringem Maße, daß es uns nicht wahrnehmbar werden kann, daß er dagegen weit weniger Sonnenlicht absorbiere als der Mars, der der Rechnung nach, wenn man bei beiden Planeten das Absorptionsverhältniß gleich setzen wollte, häufig eben so hell und zuweilen selbst heller als Jupiter glänzen müßte. Damit hängt auch wohl zusammen, daß die Grundfarbe des Jupiter der des Sonnenlichtes viel näher steht, als die Grundfarbe des Mars.

Eine Erscheinung wie an den Polen des Mars läßt sich an denen des Jupiter nicht wahrnehmen; und überhaupt dürfen wir auch schon aus manchen andern Gründen eine solche Ähnlichkeit, wie etwa zwischen Erde und Mars, bei Jupiter nicht annehmen. Seine Dichtigkeit ist nur $\frac{1}{4}$ der Erddichtigkeit und zugleich die Abnahme derselben vom Mittelpunkt nach außen hin sehr bedeutend, so daß die Dichtigkeit der Oberfläche die unsers Wassers nicht erreichen kann

und wohl noch bedeutend unter derselben steht.*) Es giebt also dort keine Ozeane oder größere Ansammlungen des Flüssigen, oder dieses letztere müßte von ganz anderer Natur und namentlich viel leichter sein, als unser Wasser, denn für das letztere kann ein Gleichgewicht auf dem Jupiter ebenso wenig bestehen, als es auf unsrer Erde für ein Quecksilbermeer bestehen könnte. Wenn also auch Niederschläge in Jupiters dichter Atmosphäre stattfinden sollten, so muß doch der Stoff derselben ein wesentlich andrer als bei uns sein, und so dürfen wir uns nicht wundern, wenn dort keine Schneezonen zu sehen sind.

Dazu kommt der geringe und langsame Jahreszeitenwechsel auf Jupiter. Astronomisch berechnet ist er dort siebenmal schwächer, als bei uns, und nahezu zwölftmal langsamer. Der Unterschied zwischen Anfang und Ende unsers Septembers ist hiernach noch erheblich größer, als der ganze Jahreszeitenunterschied auf Jupiter, und eben so unerheblich sind die Differenzen der Tageslängen, die dort in Gegenden, wo es auf unsrer Erde schon 24stündige Tage und Nächte giebt, sich auf höchstens eine Viertelstunde reduciren.

Wenn also auch zugegeben werden kann, daß die Jupitersstreifen etwas unsern Wolken Analoges sind, so wird man doch auch sehr bedeutende Verschiedenheiten zwischen beiden zugeben müssen. Sie sind bei Weitem weniger ver-

*) Jupiters Abplattung müßte nahezu doppelt so groß sein, als wir sie beobachten, wenn die Kugel homogen, d. h. überall gleich dicht sein sollte. Bei der Erde verhalten sich beide Abplattungen, die hypothetische und die wirkliche, nur wie 30 : 23. Folglich wird man für Jupiters Oberfläche weniger als $\frac{1}{4}$ derjenigen Dichtigkeit setzen müssen, welche die Oberflächentheile des festen Erdkörpers zeigen, und die etwa 2,7 beträgt. Nimmt man beispielsweise $\frac{1}{5}$, so wird an Jupiters Oberfläche die Dichtigkeit nur die Hälfte der unsers Wassers betragen.

änderlich, denn nie bleibt auf unsrer Erde Monate und selbst Jahre hindurch dieselbe Wolke stehen. Sie sind ferner rücksichtlich ihrer Streichung an eine und dieselbe sich stets parallele Richtung gebunden, während unsre Wolken allen Richtungen und oft sogar gleichzeitig sehr verschiedenen folgen. Sie sind ferner in den Aequatorgegenden ohne allen Vergleich extensiv und intensiv stärker als in den übrigen Regionen, was gleichfalls auf unsrer Erde ganz anders ist.

Zwar möchte sich in den tropischen Regen, welche auf unsrer Erde an feste Jahreszeiten gebunden sind, ein Anhaltspunkt für Vergleichen bieten. Es ist gewiß, daß der Contrast dieser wolkenumhüllten Zonen gegen die ganz oder größtentheils wolkenfreien, welche jene nördlich und südlich begrenzen, ein für den Anblick aus Planetenfernen sichtbares Phänomen darbieten kann, ähnlich dem der Jupitersstreifen. Allein diese tropischen Regen, so wie die Regen überhaupt, würden sich schwerlich gedenken lassen, ohne einen Wasserocean, und ein solcher fehlt dem Jupiter, wie wir gesehen haben, wenn wir nicht annehmen wollen, daß er eine specifisch leichtere Flüssigkeit enthalte.

Wir können hier nicht unbemerkt lassen, daß sowohl das Sonnenlicht, als auch insbesondere die Sonnenwärme für Jupiter und die entferntern Planeten unmöglich die Bedeutung haben kann, wie für unsre Erde. Mögen immerhin die Bestandtheile der Jupiteroberfläche einen höhern Grad von Empfänglichkeit für die Sonnenwärme besitzen, so wird dennoch eine 27 mal schwächere Insolation, die überdies statt 12 Stunden nicht ganz 5 hindurch wirken kann, unter keinen Umständen etwas erzeugen können, ähnlich dem, was unsre Erde bietet. Entweder also ist Licht und Wärme dort nur in einem sehr geringen Grade Bedürfnis, oder in dem eigenthümlichen Leben des Planeten ist ein Ersatz dafür ge-

boten und jene Körper sind demnach der Sonne wenig oder gar nicht bedürftig. Alsdann aber bleibt uns nur geringe Aussicht, eine ins Einzelne gehende Vergleichung mit unsrer Erde erfolgreich durchzuführen zu können.

Jupiters Monde sind uns sehr wenig nach ihren physikalischen Eigenthümlichkeiten bekannt. Aus der verschiedenen Stufenfolge ihres Glanzes bei verschiedener Stellung gegen den Hauptplaneten hat man mit gutem Grunde gefolgert, daß sie eben so wie unser Mond ihrem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zuwenden und nur etwa eine Libration zeigen, die aber wegen der fast genauen Kreisform ihrer Bahnen und der geringen Störungen, welche sie erfahren, viel unbedeutender sein muß, als bei unserm Trabanten, wenigstens was die Schwankung in Länge betrifft. Ihre Aequatoren kennen wir nicht, dürfen aber voraussetzen, daß sie vom Jupitersäquator nur wenig abweichen werden, da alle übrigen, diesen Planeten und sein System betreffenden Bewegungs-Ebenen einander so äußerst nahe fallen. Es wird also auch die Schwankung in Breite sehr gering sein, und man wird vom Jupiter aus stets dieselben Mondseiten, und von den Monden aus Jupiter stets an derselben Stelle des Firmaments erblicken.

Die Farbe der Jupitersmonde ist zwar bei den drei ersten der des Jupiter selbst sehr ähnlich, beim vierten jedoch merklich verschieden, nemlich graugelblich. Der erste ist offenbar der weißeste von allen; der dritte und gewöhnlich der hellste ist es wohl nur deshalb, weil er an Größe die andern übertrifft, denn wenn er vor Jupiters Scheibe vorübergeht, so ist er schwerer zu erkennen als der erste. Da die Dichtigkeit der sämtlichen Monde der des Jupiter nahe gleich ist (wenigstens gewiß nicht so stark verschieden als die der Erde und ihres Mondes) so dürfte auch ihre sonstige Naturbeschaffenheit der des Hauptplaneten nahe kommen.

Signes Licht haben übrigens diese Trabanten so wenig als Jupiter selbst. Wäre es nur in einigermaßen merklicher Intensität vorhanden, so würden uns die Trabanten bei Finsternissen weder so plötzlich, noch überhaupt gänzlich verschwinden.

Saturn,

durch Reichthum und Mannichfaltigkeit seines Systems der merkwürdigste Planet, obgleich er dem Jupiter an Größe etwas, an Masse sogar beträchtlich nachsteht. Er erscheint in einem röthlichgelbenichte und beträchtlich trüber, als Jupiter. Statt des Systems veränderlicher Streifen auf Jupiter zeigt Saturn meistens nur einen und zwar constanten grauen Streifen, der sich in der Richtung des Aequators, und diesem überhaupt sehr nahe, um die Kugel rings herum zieht. Er ist nur schmal und ziemlich verwaschen; Ungleichheiten aber darin zu erkennen, ist bis jetzt nur Herschel I. gelungen, der auch mehrere Streifen gesehen hat, übrigens die Rotation nur mit geringer Sicherheit daraus abzuleiten vermochte. Der gewöhnlich sichtbare Streifen liegt so, daß der Ring, wenn er sich in seiner Ebene bis zum Saturnskörper ausdehnte, ihn fast genau treffen würde.

Die Ringe Saturns bestehen aus dem breiten inneren und einer noch nicht bestimmten Zahl äußerer sehr schmaler, die auch zugleich etwas weniger hell als der innere erscheinen. Auf Saturns Scheibe ist das Ringsystem leicht sichtbar durch den Schatten, den es auf ihn wirft, und durch die hellere Farbe des inneren Ringes. Nur an der innersten Kante dieses inneren Ringes zieht sich gleichfalls eine graue Schattirung rings herum und erschwert beträchtlich die genaue Messung der Ringbreite, so wie seines Abstandes vom Hauptplaneten. Die Farbe dieser grauen Schattirung ist auffallend ähnlich mit der des grauen Streifens auf Saturn.

Es sei mir erlaubt, hier einen Erklärungsversuch zu geben. Wenn gleich die geringe Dichtigkeit des Saturn es unmöglich macht, daß unser Wasser in irgend beträchtlicher Quantität auf seiner Oberfläche sich befinde, so hindert dies doch nicht, das Dasein einer verwandten und den allgemeinen hydrostatischen Gesetzen unterworfenen Flüssigkeit dort anzunehmen. Nun wird nothwendig Saturn auf seinen Ring, und dieser wiederum auf ihn, eine sehr starke Anziehung ausüben müssen, und zwar wird diese gegenseitige Anziehung ihr beständiges Maximum in der Aequatorzone Saturns und an der innersten Kante des Ringsystems haben. Diese beiden Stellen müssen also eine permanente Fluth zeigen, und zwar eine Fluth, viele tausend Mal stärker als die, welche der Mond auf unsrer Erde erzeugt. Ein gewaltiger Wellenring also wird diese beiden Zonen rings umfassen, und leicht ist es denkbar, daß dieser Wellenring die gesammte Masse der Flüssigkeit in sich vereinigt, und die übrigen Theile der Kugel wie des Ringes davon entblößt; wenigstens so, daß alle Flüsse der Kugel ihre Richtung gegen diese große Aequatorfluth, und alle auf dem inneren Ringe befindlichen sie gegen die innere Kante nehmen. — Die übrigen Ringe sind zu schmal und zu weit vom Saturn entfernt, als daß die Differenz der Anziehung auf ihre einzelnen Ranten sich so merklich machen könnte, und überdies von der Erde aus nur sehr mühsam zu beobachten. Doch kann man deutlich wahrnehmen, daß die innere Kante des zweiten Ringes — vom Saturn aus gezählt — weit weniger scharf begrenzt erscheint als die äußere des ersten.

Die physische Existenz auf den Ringen muß überhaupt eine sehr eigenthümliche sein. Ueber die höchst sonderbaren Tag- und Nachtwechsel auf ihnen ist schon im Vorigen gehandelt; wir fügen noch hinzu, daß in Folge der Anziehung

der Saturnskugel der Fall der Körper dort eine schräge Richtung annehmen muß, so daß die (physisch) senkrechte Richtung nicht normal auf den Horizont steht. Die Bewegung saturnabwärts muß bei Weltem mehr Kraftanstrengung erfordern, als die entgegengesetzte. Allgemein betrachtet, sind übrigens sowohl auf Saturn als auf seinen Ringen alle Bewegungen viel leichter, als auf unsrer Erde, und ein Vogel, der es hier nur zum Flattern bringt, würde dort im raschen Fluge sich bewegen können.

Von den Monden Saturns ist hier wenig zu sagen. Was können wir an Lichtpunkten, die nur schwer und mühsam gesehen werden, Eigenthümliches wahrnehmen? Nur der sechste (älteste) läßt uns etwas Scheibenförmiges ahnen, nicht aber mit Gewißheit wahrnehmen; auch ist es in einigen seltenen Fällen gelungen, seine Finsternisse zu beobachten, und diese allein könnten uns mit der Zeit auf einige muthmaßliche Schlüsse über seine Naturbeschaffenheit leiten. Der sechste und äußerste (der aber dem sechsten an Heiligkeit bedeutend nachsteht) muß sehr große Ungleichheiten seiner Oberfläche in Beziehung auf Lichtreflex zeigen, da er in gewissen Stellungen gegen Saturn uns ganz verschwindet. Man muß hieraus zugleich schließen, daß er seinem Hauptplaneten stets dieselbe Seite zukehrt, und wenn die Anziehung Saturns bei diesem entferntesten seiner Begleiter stark genug war, um eine eigentliche Rotation zu verhindern, so wird dies um so mehr für die näher stehenden Monde zugegeben werden müssen. Man kann also diese permanente Richtung einer bestimmten Hemisphäre gegen den Hauptplaneten als ein Naturgesetz für die Nebenplaneten unsers Sonnensystems annehmen.

Saturn schwebt nicht ganz concentrisch in seinem Ringe. Ein vollkommenes Zusammenfallen der Mittelpunkte Saturns und der Ringe ist auch schon a priori nicht anzunehmen, da sonst das Gleichgewicht des Ringsystems ein zu

precäres sein würde. Doch ist diese Excentricität jedenfalls sehr klein. Eben so kommen in den Ringen offenbar Bewegungen vor, und auch ihre mittleren Ebenen fallen nicht für alle einzelnen Ringe zusammen.

An den Marken der uns bekannten Planetenwelt endlich schwebt *Uranus*, der erst im Jahr 1781 wieder da stehen wird, wo Herschel ihn entdeckte. Den Erdbewohnern kommt er nur aus so großer Entfernung zu Gesicht, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, Flecke oder sonstige Eigenthümlichkeiten auf seiner Oberfläche wahrzunehmen. Eine farblose, trübe Scheibe von beträchtlich geringerm Durchmesser als — die 4 kleinen Planeten ausgenommen — alle übrigen Hauptkörper des Sonnensystems, umheringirt — denn was Herschel anfangs von Ringen zu erblicken glaubte, hat sich ihm nicht bestätigt — von mehreren, der Zahl nach nicht bestimmbar Monden begleitet, die nur in den riesigsten Fernrohren noch blickweise sich darstellen. So ist uns jedes nähere Eingehen in seinen innern Bau verwehrt. Vermuthen kann man für ihn ähnliche Verhältnisse, wie für Jupiter und Saturn, zumal die neuesten Beobachtungen auch eine Abplattung ergaben, die mindestens eben so stark ist, als bei diesen Planeten.

Es ist nicht wohl denkbar, daß auf diesen entferntesten Körpern des Systems die Temperatur noch von der Sonne abhängt. Wenigstens bietet uns die Erde keine einzige Substanz, die, von dem 400sten Theil des Sonnenlichts getroffen, noch eine dem Gefühl irgend merkbare Temperaturerhöhung zeigte. Hiernach ist denn auch die excentrische Anstellung des Uranus, über welche bereits oben gesprochen worden, und die für die Wärmedifferenzen auf unsrer Erde so sehr entscheidend sein würde, für Uranus gleichgültig und wirkungslos. Entweder bedürfen die Körper dieses Sy-

stems einer solchen Temperatur nicht, wie sie die Organismen der Erde zu ihrer Existenz bedingen, — oder der Körper besitzt diese Wärme eigenthümlich, wie einst ungewisselhaft die Erde sie besessen hat und in ihrem Innern auch noch besitzt. An unser Wasser ist bei ihm eben so wenig als bei Saturn zu denken, er ist viel zu undicht, um damit angefüllte Oceane im Gleichgewicht zu erhalten.

Fassen wir Alles, was über die physikalische Beschaffenheit der Planeten gesagt ist, zusammen, so muß man sich allerdings gestehen, daß unsre Kenntniß derselben eine dürftige ist. Auch wird sie wohl stets diesen untergeordneten Charakter behalten und sich weder an Sicherheit, noch an Reichthum der Thatfachen und Consequenzen mit den übrigen eigentlich wissenschaftlichen Zweigen der Astronomie messen können. Mit Recht hat man daher diese letzteren stets als die Hauptsache behandeln zu müssen geglaubt, und die Enthüllung des auch hier noch Verborgenen darf von der Zukunft gehofft werden. An der Hand der Mathematik werden wir im Stande sein, auch in die Physik des Weltsystems immer tiefer einzudringen; doch wo diese uns verläßt und verlassen muß, da hört auch unser eigentliches Wissen auf, und es beginnt das Reich der Vermuthungen.

XV.

Die Kometen.

Von Zeit zu Zeit, doch gewöhnlich erst in Zwischenräumen von einigen Decennien, steigt am Horizont einer jener räthselhaften Körper mit einem solchen Glanze empor, daß er unwillkürlich die Blicke aller Erdbewohner, mögen sie sonst auch noch so wenig sich um das kümmerliche, was über dem Monde vorgeht, auf sich zieht. In den letzten Hundert Jahren ereignete sich dies viermal, und jedesmal unerwartet: 1744, 1769, 1811 und 1843. Daneben mögen etwa noch fünfzehn andere aufgeführt werden können, die weniger augenfällig, doch aber noch ohne Bewaffnung des Auges gut erkennbar waren, so wie eine weit größere Anzahl bloß teleskopischer. Die Erscheinungen der ersten seltensten Art ermangeln sodann nicht, die Gemüther der Menge in Bewegung zu setzen, und alte Befürchtungen, die man schon abgethan zu haben glaubte, treten wieder auf, wenn gleich in ein neues Gewand gehüllt. Schriftsteller speculiren auf diese Bewegung, und leidet nach den bisherigen Erfahrungen meist solche, die, aller Wissenschaft baar und ledig, nur noch größere Verwirrung anzurichten geeignet sind. Kein Wunder daher, wenn die, welche Besseres leisten könnten, eine billige Scheu tragen, mit jenem marxisch-reiterischen Haufen vermischt zu werden, zumal sich ihnen die niederschlagende Bemerkung aufdringen muß, wie wenig Terrain selbst die evidenteste und am populärsten gehaltene Belehrung über eingewurzelte Vorurtheile zu erringen vermag. Wenn einer der periodischen Kometen Betrachtungen über die Erdbewohner anstelle in der Weise des alten Liebes:

„Und abermal nach fünfhundert Jahren
„Kam ich desselbigen Weges gefahren.“

so würde er äußerlich zwar Manches verändert, in Bezug auf das Reich der Meinungen, Muthmaßungen und Irrthümer aber so ziemlich denselben Zustand wiederfinden.

Doch unser Geschlecht scheint dazu bestimmt, in Rücksicht der meisten und wichtigsten Fragen immer erst auf langen Umwegen zum Ziele zu kommen, und da die Weltgeschichte ja in so vielen ihrer Capitel eigentlich nichts Anderes ist, als eine Geschichte der menschlichen Irrthümer, so dürfte es auch nicht ohne Interesse sein, die allmälige Gestaltung und Entwicklung der Hypothesen zu verfolgen, die seit den ältesten Zeiten die Gemüther in Bewegung und häufig in quälende Unruhe versetzt haben. Vielleicht ergeben sich doch auch einige tröstliche Bemerkungen, namentlich wenn wir sehen, wie es allmälig dahin kam, daß trotz der allgemeinen Verbreitung des Wahnes doch der Forscher es wagen konnte, Wahrheit zu suchen und Wahrheit zu verbreiten, ohne seine Ruhe zu opfern und seine Existenz in Frage zu stellen. Möge es bald dahin kommen, daß auch von anderen als naturhistorischen Wahrheiten Aehnliches allgemein gesagt werden könne!

Den ältesten Zeiten war der gestirnte Himmel nichts weiter als eine Zugabe unseres eigenen Wohnortes. Sonne und Mond bewegten sich in den höheren Luftkreisen wie die Wolken in den niederen, nur etwas regelmäßiger; der Sprachgebrauch unterschied noch nicht zwischen Erde und Welt, und so ist es nicht zu verwundern, daß auch die Kometen für nichts weiter als Meteore galten. Doch auch viel spätere Jahrhunderte, Zeiten, in denen das Firmament nicht mehr mit einem „dazu auch Sterne“ abgefunden wurde, hat man beide doch so wesentlich verschiedene Erscheinungen nur zu häufig mit einander verwechselt. Wenigstens müssen wir, wenn einmal der ganze Himmel an allen Orten gleichzeitig von Kometen wimmelt, ein anderes Mal ein Komet nur

$\frac{3}{4}$ Stunden lang gesehen wird (1572), ein drittes Mal eine einzelne Stadt, mit ausdrücklicher Ausschließung der übrigen, das Phänomen wahrnimmt, an Meteore oder dem Aehnlichen denken. Auch noch eine andere Verwechslung liegt nahe. Die Chronisten, selbst die besseren und gründlicheren, führen doch eine Himmelsbegebenheit häufig unter der Bezeichnung „neuer Stern“ auf. Wenn nun nichts weiter, weder über seine Gestalt, noch über seinen Lauf hinzugefügt wird, was soll die Gegenwart daraus machen? Es kann ein Phänomen, wie das von Tycho 1572 oder Herschel 1836 beobachtete, es kann aber auch ein Komet gewesen sein.

Die großen Fortschritte, die wir dem ptolemäischen und augusteischen Zeitalter verdanken, und an denen die Astronomie einen so bedeutenden Antheil hatte, ließen die Kometenkunde fast unberührt. Hipparch und Ptolemäus sprechen gar nicht von ihnen; sie müssen es also verschmäht haben, sich damit zu beschäftigen, denn daß zu ihrer Zeit keine erschienen seien, kann nicht angenommen werden. Wir können dies wohl nur bedauern, denn Alexandria's Museum war im Alterthum der einzige Ort, von wo aus relativ genaue Ortsbestimmungen der Gestirne geliefert werden konnten und auch für alle übrigen in reichem Maße geliefert worden sind. Doch lassen wir die nutzlosen Klagen über frühere und allerdings unerseßliche Versäumnisse, und bestreben wir uns, einen gleichen Vorwurf Seitens unserer Nachkommen nicht auf uns fallen zu lassen.

Je weniger die Wissenschaft nun von diesen Körpern Notiz nahm und zu sagen wußte, desto größeren Spielraum fand die Phantasie, und die allerdings oft sonderbaren Gestalten der Planeten wurden noch ungleich monströser durch die von ihnen gegebenen Schilderungen. Plinius (hist. nat. 22—25) unterscheidet zwölf Arten von Kometen und beschreibt sie in folgender Art:

- 1) Eigentliche Kometen: sie erstrecken ihren Schweif nach oben und sind blutfarbig.
- 2) Bartförmige (Pogonias), deren Schweif nach unten sich erstreckt; im Uebrigen den vorigen ähnlich.
- 3) Wurffpießartige (Acontias), lang und spitz; ihrem Erscheinen folgt die Wirkung auf dem Fuße nach.
- 4) Degenförmige (Xiphias), von bleichem, trübem Ansehen; nicht so weit als Nr. 3 sich forterstreckend.
- 5) Scheibenförmige (Disceus), gelblich von Farbe; von seinen Rändern gehen einige kurze Strahlen aus.
- 6) Sonnenförmige (Pitheus), stumpf an beiden Enden; einer kurzen Säule ähnlich.
- 7) Gehörnte (Ceratias), mit gebogenem Schweif.
- 8) Flammenförmige (Lampadias), mit wellenförmig gekrümmtem Schweif.
- 9) Mähnenförmige (Hippeus), deren Schweif der Mähne eines Pferdes gleicht, der sich in einer heftigen, drohenden Bewegung befindet.
- 10) Mähnenförmige von glänzend weißer Farbe; sie strahlen so hell, daß man sie kaum anhaltend betrachten kann; „das Bild eines Gottes in menschlicher Gestalt“ (?).
- 11) Stachelichte (Hirtus), wie der Körper eines Thieres mit Borsten besetzt und von einem Nebellicht umgeben.
- 12) Lanzenförmige Kometen.

Noch führt er als besondere Gattungen die Flammen und die Balken auf. Die Beschreibung der Balken kommt mit der sechsten obiger Klassen ziemlich überein; bei den Flammen unterscheidet Plinius solche, wo nur das eine Ende flammt, und solche, wo der ganze Streifen entzündet ist.

Namentlich aus dem letzten Beispiele wird klar, daß hier Beschreibung und Erklärungsversuch untereinander vor-

kommen: ein logischer Verstoß, der uns bei diesem Schriftsteller öfter begegnet. Auch sind die zwölf Klassen des Plinius offenbar zu viel und zu wenig, da kaum ein einziger Komet ganz dem andern gleicht, und es schwer halten würde, viele der neueren Kometen in eine dieser Kategorien zu bringen, während es z. B. für eine Klasseneinteilung als ganz unwesentlich betrachtet werden muß, ob der Schweif nach oben oder nach unten steht.

Die römischen Geschichtschreiber bis auf Cäsar erwähnen der Kometen nirgends; doch mögen die bei Livius u. A. vorkommenden Flammen, glänzenden Streifen u. dgl. mitunter auch einem Kometen angehören. — Die wahrhaft unbegreifliche Leichtgläubigkeit und Sorglosigkeit der Kometographen des sechzehnten und siebzehnten Jahrhunderts aber griff nach Allem, was auch nur die entfernteste Möglichkeit zu bieten schien, nur um die Verzeichnisse zu füllen und mit Wundern zu prunken, hauptsächlich aber, um ja keine Gelegenheit, groß oder klein, wirklich oder eingebildet, stehen zu lassen ohne einen Kometen, dem das Unglück zugeschoben werden konnte. Methusalem's Tod, die Sündfluth, Sodom's Untergang, die Plagen der Ägypter, die Wegführung in's Exil u. dgl. wurden mit Kometen ausgestattet, trotzdem, daß auch nicht ein einziger der alten Historiker das Geringste davon weiß. Der Stern der Weisen, der über dem Hause in Bethlehäm still stand, war ein Komet, und zwar wie leicht zu erachten, der größte und prachtvollste von allen. In diesem Wüste aufzuräumen und das Wahre oder doch Wahrscheinliche für die Wissenschaft zu retten, wäre gewiß verdienstlich; einen Anfang dazu haben Pingré und Andere gemacht.

Das selbige Bestreben, alle Weisheit der Jetztwelt und womöglich noch weit mehr bei den Alten, vielleicht bei einem gänzlich untergegangenen Urvolke aufzufinden, hat in der

Geschichte aller Wissenschaften viel Verwirrung angerichtet. Namentlich hat man bei den Kometen eine Stelle im Diodor angezogen und daraus zu beweisen gesucht, daß die Chaldäer die Kometenerscheinungen vorhergesagt hätten. Aber einmal ist es schon mißlich, einem Schriftsteller, der so wenig Kenntniß der Naturwissenschaften verräth, zumal wenn er von längst vergangenen Zeiten spricht, vollen Glauben beizumessen. Er sagt: die Chaldäer verkündigen die Erscheinung der Kometen. Verkündigen ist nicht nothwendig Vorhersagen; doch liegt diese Deutung hier allerdings nahe und der Zusammenhang der Stelle scheint auf sie zu führen. Aber in demselben Sage erzählt Diodor weiter, daß sie auch die Lebensschicksale der Menschen, die Erdbeben, ja alle Naturereignisse aus den Sternen vorher sagten, wobei er offenbar sich eine Astrologie denkt. In einem späteren Abschnitte seines Werkes widerspricht er sich geradezu: „Einige Physiker behaupten, daß die Chaldäer und andere Astrologen unfehlbare Vorhersagungen der Himmelserscheinungen machen, und daß sie, statt über die Erscheinungen der Kometen sich zu verwundern, vielmehr darüber erstaunt waren, daß sie nach Ablauf einer regelmäßigen Periode nicht wiederkehrten.“ Wie reimt sich dieses Erstaunen mit jener Vorhersagung, und wie reimt sich Beides mit einer richtigen Kometentheorie? Wäre uns auch nur ein einziger bestimmter Komet aufbewahrt, den die Chaldäer vorhergesagt und der dieser Vorhersagung zufolge eingetroffen wäre, so würde sich weit besser über die Sache urtheilen lassen.

Von den alten Egyptern sagt Diodor Aehnliches, und unter den mancherlei Dingen, die sie vorausgesagt haben sollen und die wunderbar genug klingen, wird auch des Entstehens der Kometen gedacht. — Wir wollen nicht so unbillig sein, alle diese Absurditäten jenen alten Völkern anzurechnen, die es nicht verschuldet haben, daß die Ignoranz

eines späteren Berichterstatters ihre Forschungen in ein so zweideutiges Licht stellt. Gewiß haben die in ihrem Heiligthum sicher gestellten Priester unter dem reinen Himmel Babylons die Astronomie nicht vernachlässigt, und wir haben ihrer Leistungen zu erwähnen bereits Gelegenheit gefunden. Aber eine richtige Theorie — denn nur eine solche, und zwar in höchster Ausbildung, kann es in einzelnen Fällen wagen, Kometen vorauszuverkündigen — giebt sich auf andere Weise kund und hätte zu ganz anderen Resultaten geführt.

Betrachten wir nun die Meinungen älterer und neuerer Naturphilosophen über die Kometen, so treffen wir zuerst auf eine Partei (Panetius an ihrer Spitze), die sie für gar nichts Reelles, für ein bloßes optisches Bild hielt. Bald sollten es die Sonnenstrahlen selbst sein, die irgendwo im Weltenraume durch sich allein sichtbar, oder von einem Spiegel zurückgeworfen würden, bald war es das Entgegenkommen zweier Planeten, deren Licht sich (wie die Wellensysteme zweier in's Wasser geworfenen Steine) kreuzte und dadurch sichtbar machte. Schon Seneca widerlegte vor zwei Jahrtausenden diese Meinung vollständig.

Nach Andern waren die Kometen — Seelen berühmter Verstorbener, auf dem Wege von der Erde zum Firmament begriffen, von wo herab sie dann später als ewige Sterne glänzten. So lange sie noch auf Erden wandelten, beglückten sie das Menschengeschlecht und wendeten durch ihre Macht und Weisheit seine Plagen ab; nach ihrem Entschwinden brachen diese herein.

Poetische Erhabenheit läßt sich diesem Gedanken sicherlich nicht absprechen und in dieser Beziehung mag er seinen Werth ungeschwächt behaupten. Nur müssen wir mit tiefem Bedauern hinzufügen, daß in ihm der erste Keim aller jener Ungeheuerlichkeiten lag, welche als Ausgeburten der Kome-

tomantie so lange Zeit hindurch die Oberhand hatten. Die vermeintliche Beziehung auf die Schicksale der Erde und des Menschengeschlechts blieb fortan die Hauptsache, deren Erklärung sich Niemand, der von Kometen handelte, überheben durfte, die als unumstößliche Thatsache galt und die dem großen Haufen allein von Wichtigkeit schien. Wenn die Kirchenväter in den Kometen Ankündigungen des göttlichen Zorns erblickten und einen Engel supponirten, beauftragt, den Kometen durch die Himmelsräume und vorzugsweise über diejenigen Orte zu führen, denen namentlich dieser Zorn galt, so war dies nur die Uebersetzung des allgemeinen Volksglaubens in die Sprache des Christenthums jener Zeiten, wobei bemerkt werden muß, daß keine frühere Andeutung dieser Art als beim Johannes Damascenus vorkommt.

Noch Andere hielten die Kometen für Wolken, die sich höher als die gewöhnlichen erheben und daher beständiger als diese sein sollten. Nur war nicht klar, weshalb sie bei Nacht leuchten und doch am Tage unsichtbar sein sollten.

Der große Aristoteles verdient es gewiß, daß wir seine — allerdings grundfalsche — Meinung von den Kometen etwas näher betrachten, da man sich fast zweitausend Jahre hindurch stets auf ihn berufen. Wie weit er selbst eine solche Berufung gebilligt haben würde, werden wir unten sehen.

„Unsere Erde“, sagt Aristoteles, „ist von drei verschiedenen Lustregionen umgeben. Die untere, in der wir uns befinden, und die wir einathmen, ist die uns am besten bekannte, sie ist an die Erde gebunden und vermag sich nicht von ihr zu entfernen. Die zweite ist sehr kalt; Geschöpfe halten sich in ihr nicht mehr auf, aber sie ist, wie die erste, an die Unbeweglichkeit der Erde gebunden. Die dritte endlich, wegen der Nähe der feurigen Region weniger kalt,

nimmt schon Theil an der allgemeinen Bewegung des primum mobile (der 24 stündigen des ganzen Himmels) und unterscheidet sich dadurch wesentlich von den beiden anderen. Beständig steigen aus der Erde Dünste auf; sind diese heiß und trocken, so können sie bis in die obersten Lustregionen gelangen, wo der rasche Umschwung sie ergreift, fortführt, zusammenballt und verdichtet. Die rasche Bewegung, vielleicht auch die Nähe der Feuerregion oder die Wirkung der Sonne und der übrigen Gestirne läßt diese Massen in Brand gerathen, und so werden sie der Erde als Kometen sichtbar. Andere Dünste von gleicher Natur steigen beständig auf, vereinigen sich mit dem Kometen, unterhalten und verstärken seinen Brand; endlich hat er die Erde erschöpft und aufgefressen, sie kann ihm keine Nahrung mehr geben und so verlischt nach und nach der Komet.“

Es folgte hieraus, daß der Komet nicht sehr weit von der Erde stehen und auf keinen Fall die Gestirne, selbst den nahen Mond nicht erreichen könne. Er war ähnlichen Ursprungs mit den Wolken; jene zogen die feuchten, kalten, schweren Dünste an sich; dieser die heißen, trockenen, leichten, flüchtigen. Es war ferner erklärlich, weshalb die eigentlichen Astronomen, so lange dies System allein gültig war, sich nicht mit den Kometen befassen mochten. Aber in keiner Weise kann man es entschuldigen, wenn bis tief in's sebzehnte Jahrhundert hinein, nachdem so große und alles Frühere umgestaltende Entdeckungen vorlagen, noch immer eine zahlreiche Partei sich fand, die mit der Autorität des Stagyriten Alles niederzuschlagen wählte und aus seinem Systeme ein Zerrbild geschaffen hat, wie er es sich nimmer hätte träumen lassen.

Ihn selbst muß man von jeder Schuld, diesen Mißbrauch veranlaßt zu haben, freisprechen. Hören wir sein eigenes Urtheil über sein System:

„Ich spreche von den Himmelskörpern, aber ich sehe sie nur von weitem; ich kann sie nicht da beobachten, wo sie sind, und das Meiste, was am Himmel vorgeht, entschwindet unsern Augen.“ (Arist. de Coelo II., 3.)

„Kann irgend Jemand eine gewissere, auf bessere und natürlichere Gründe gestützte Erklärung dieser Phänomene geben, so wird er sich einen gerechten Anspruch auf unsern Dank erwerben.“ (ib. II., 5.)

„Da wir über die Kometen kein eigentlich sinnliches Urtheil haben, so muß ich zufrieden sein mit einer Erklärung, wenn sie nur nichts den bekannten Wahrheiten Widersprechendes enthält.“ (de Meteoris. 7.)

Uebrigens hat er nie gelehrt, daß die Sonnenstäubchen die Asche verbrannter Kometen seien, daß Mars und Saturn die Kometenmaterie in der Erde präparirten und zum Ausbruch brächten u. dgl. Es steht ferner in ihm kein Wort von „Krankheiten, Heuschrecken, Hungersnoth, Rebellion, Tod der Fürsten und Großen, als Folge der Kometenbildung“, wenn er es auch für möglich hielt, daß Winde und Trockenheit durch sie entstehen könnten.

Auch würden wir irren, wenn wir glaubten, daß die Zeitgenossen, oder die nächstfolgenden Jahrhunderte, eine so blinde Verehrung seinen Aussprüchen erwiesen hätten als die späteren. Nach dem Vorgange einiger Pythagoräer, die die

*) Ganz ähnlich lautenden Aeußerungen begegnen wir nicht selten bei den Alten, die wohl deutlich genug zeigen, daß sie nicht im Entferntesten daran dachten, ihren späten Nachkommen wissenschaftliche Glaubensartikel gebieterisch aufstellen zu wollen. Aber die Berufung auf alte Autoritäten ist ein viel zu bequemes Faßbett, um nicht von mittelmäßigen Köpfen, zur möglichsten Schonung des eigenen Ideenvorraths, mit Freuden ergriffen zu werden.

Kometen nur für eine besondere Art der Planeten hielten, welche nur der Sonne zu nahe stünden und deshalb so selten gesehen würden, glaubte auch Seneca in ihnen wahre Weltkörper zu erblicken. Hören wir ihn selbst:

Ich kann mich nicht überzeugen (Quaest. nat. VII. 22), daß der Komet ein vor Kurzem ausgebrochenes Feuer sei; er ist gewiß ein bleibendes Werk der Natur. Was sich in der Luft erzeugt, hat keine Dauer, denn sein Element ändert sich unaufhörlich. Wie könnte, was aus und in der Luft gebildet ist, beständig sein? Feurige Meteore, die wir in der Luft sehen, ziehen geradlinig fort; die Kometen, mindestens die zu unserer Zeit erschienenen, — wie die früheren sich verhalten, weiß ich nicht, — folgen der allgemeinen, nur den Gestirnen eigenen Kreisbewegung. Was dem Zufall sein Entstehen verdankt, die Meteore, der Blitz, die Sternschnuppen, vergeht so schnell wie es kommt. Wäre der Komet ein Feuer, müßte sich dann nicht Größe und Gestalt jeden Augenblick ändern? Er nimmt seinen Platz unter den übrigen Gestirnen ein, er hört nicht auf zu sein, sondern vollführt seinen Lauf; verschwindet er uns, so ist er nicht erloschen, er hat sich nur weiter entfernt.“

„Man wird mir vielleicht einwenden, daß, wenn die Kometen zu den Wandelsternen gehörten, sie sich innerhalb des Zodiaks halten müßten. Allein wer hat dem Thierkreise die Grenzen gesetzt und wer will die Werke Gottes beschränken? Die Planeten haben auch nicht alle denselben Lauf, warum soll es nicht noch andere Wandelsterne geben, die einen ganz verschiedenen haben? Sollen die großen Räume außerhalb des Thierkreises ohne alles Leben und Bewegung sein? Der Größe des Universums ist es weit angemessener, daß überall im Raume sich Bahnen befinden, als daß fünf Sternen das alleinige Privilegium der Bewegung innerhalb eng beschränkter Grenzen gewährt sei.“

„Aber, fragt man mich weiter, warum kann man denn den Lauf der Kometen nicht wie den der fünf Planeten bestimmen? Aber wie viele Wahrheiten sind uns denn verschlossen? Niemand wird die Existenz seiner eigenen Seele läugnen, und doch wird Niemand behaupten, das Wesen der Seele erklären oder den Ort des Körpers angeben zu wollen, wo sie sich befinde. Wenn nun so der Mensch sich selbst nicht genau kennt, ist es zu verwundern, wenn er von den Dingen außer ihm noch weniger weiß? Wundern wir uns also nicht länger, daß die Gesetze der Bewegung der Kometen noch nicht erforscht sind: sie erscheinen so selten, ihre Rückkehr läßt sich so lange Zeit erwarten, daß es für uns, die wir uns kaum rühmen können, die Ursachen der Finsternisse erforscht zu haben, unmöglich ist, eine genaue Kenntniß der Kometen zu besitzen, die aus so unermesslichen Fernen zu uns herniedersteigen. Der Tag wird anbrechen, wo eine beharrliche Forschung dahin gelangt sein wird, die Wahrheiten zu entschleiern, die uns jetzt verborgen sind. Das Leben eines Menschen, und wenn er es ganz und gar der Beschauung des Himmels widmete, ist viel zu kurz für diese tiefen Untersuchungen. Die Folge der Jahrhunderte wird Alles offenbaren, und eine Zeit erscheinen, wo unsere Nachkommen sich wundern werden, wie so klare, so einfache, so natürliche Gesetze uns verborgen bleiben konnten.“ —

„So habe ich nun die Meinungen Anderer und meine eigenen Meinungen über die Kometen dargelegt. Die Götter allein wissen, ob ich Recht habe; sie, denen keine Kenntniß verborgen ist. Was uns betrifft, so bleibt uns nichts übrig, als die Natur zu studiren und einige Muthmaßungen zu wagen, ohne zu behaupten, daß wir zur Wahrheit schon gelangt seien, doch auch ohne daran zu zweifeln, daß man sie einst erreichen werde.“

Wie war es möglich, daß anderthalbtausend Jahre nach

Seneca nicht allein sein Tag noch nicht angebrochen, sondern die Finsterniß der Nacht eine so dichte geworden war, daß wir Mühe haben, es für möglich zu halten! Man möchte gern die Gelehrten jener Zeit entschuldigen und annehmen, daß der Volksglaube zu verbreitet und zu mächtig gewesen, daß sie ihn nur, wo sie mußten, geduldet, und wo sie durften, bekämpft hätten. Aber nein, die Schmach war eine vollständige. Ein Vasso (1580), Roboli (1619), Schuler (1665), Bähn und Andere legen uns in voluminösen, von Bücherweidheit strotzenden Werken Alles bis in's kleinste Detail vor und mühen sich ab, Scheingründe dafür aufzutreiben. Da finden wir denn, daß jedem Ort des Himmels, wo ein Komet erscheinen kann, jedem Sternbilde, das er durchlief, seine besondere Wirksamkeit zukam. Welche Planeten bei seiner Erzeugung mitgeholfen, über welchen Ländern der Erde er sich gezeigt, wohin sein Schweif gerichtet, wie lang und von welcher Gestalt er war — alles dies hat seine bestimmte prophetische Bedeutung. Seine Farbe, sein Kern und eine Menge anderer Nebenumstände (die zu beobachten oft ganz unmöglich war, und die folglich der Willkühr die trefflichsten Hintertüren offen ließen), Alles ist nach seiner Wirkung einzeln beschrieben. Geht ein Komet nach Westen, so kommt nur auswärtiger Krieg, geht er nach Osten, so kommt innerer Aufstand. Die Wirkung läßt so viele Jahre auf sich warten, als die Sichtbarkeit des Kometen Tage gedauert. Nun sollte man meinen, wäre genug dafür gesorgt, daß der Prophet nie Lügen gestraft werden konnte, es möchte da kommen, was da wollte — allein es gab noch ein Universalmittel. Der Komet brachte ja nicht eigentlich das Uebel, er drohte es vielmehr nur an. Traf etwas ein — spät oder früh, in diesem oder jenem Lande, gleichviel — so war die Lehre gerechtfertigt; traf nichts ein (wie das nach allem Obigen noch möglich war, ist freilich schwer zu begreifen),

so hatte das Gebet und Flehen der Sterblichen — vor Allem das reichbezahlte der Priester und Mönche — den Zorn der Gottheit abgewandt.

Es kann jetzt kaum noch ein Interesse haben, den Gründen nachzufragen, die man für ein solches System aufstellte; allein die meisten Parteigänger dieses Systems fanden es auch damals sehr überflüssig, die Ansprüche des gesunden Menschenverstandes in etwas zu beachten. Einige Ausnahmen treffen wir freilich an: so z. B. Fortunius Licetus, der darauf aufmerksam macht, daß die trockenen, heißen, schwefelichten Dünste, wenn sie durch unsere Luft emporsteigen, von uns eingeathmet werden und uns, zumal wenn wir schon von selbst hitzigen Temperaments sind, zu Zorn und Affecten geneigt machen müssen. Daher denn gegenseitiger Haß, Erbitterung, Fehden, Kriege u. s. w., u. s. w.

Ist der Komet entstanden, so zieht er fortwährend Dünste der Art an sich, diese theilen der ganzen Luft eine Trockenheit mit, daher Mißwachs, Heuschrecken und dergleichen; was aber auch unterbleiben oder sich verspäten kann, wenn gleichzeitig feuchte Dünste genug in der Luft sind.

Er verschwindet endlich, alles Feurige in ihm ist aufgelöst und nur noch seine Asche vorhanden; diese fällt herab und verdirbt abermals unsere Luft, was aber sehr langsam geschieht und deshalb oft erst nach mehreren Jahren seine Wirkung äußern kann.

Ergötzlich klingt der Grund, weshalb gerade die Geschicke der Fürsten und der Großen überhaupt von den Kometen vorzugsweise abhängen sollen. Diese sind schon wegen ihres Temperaments empfänglicher als andere Menschen für solche Einflüsse; dann aber verspeisen sie auch eine viel größere Menge von Geflügel, und der Vogel muß natürlich von Allem, was in der Luft vorgeht, am meisten Wirkung empfinden. — Genug davon!

Die Frage über die Entfernung der Kometen war eine Lebensfrage für dies System. Längst war man über die Entfernung des Mondes und annäherungsweise auch der anderen Körper des Sonnensystems unterrichtet, und man versuchte allmählig die Mittel, welche zu jener Kenntniß geführt hatten, auch auf die Kometen anzuwenden. Schon bei Regiomontan und seinen Schülern finden wir diesen Gegenstand behandelt; gründlicher und entscheidender geschah dies von Tycho und seinen Zeitgenossen. Die Parallaxe der Kometen mußte nach ihren Beobachtungen in so enge Grenzen eingeschlossen werden, daß sie nothwendig weit, sehr weit jenseit des Mondes stehen mußten. Damit aber fiel das ganze kometomantische System zusammen; daher sehen wir bald jene Beobachtungen verdächtigen, bald eine gezwungene und unnatürliche Erklärung suchen, wie denn Galizel und Peucer alles Ernstes glaubten, der Komet könne auch bei einer kleineren Parallaxe uns dennoch näher als der Mond stehen.

Doch konnten diese Versuche gegen die Arbeiten der Astronomen, die ruhig fort beobachteten, sich nicht lange halten; allmählig gaben die Männer der Wissenschaft das bisherige System auf und bekämpften es offen. J. Sanchez, ein Mediciner des sechzehnten Jahrhunderts, scheint der Erste gewesen zu sein. Dieser eindringend und nachhaltiger wirkend war das, was Cassendi im Anfang des siebzehnten gegen den Kometenwahn schrieb. Lubieneky (1666) scheint der letzte namhafte Schriftsteller gewesen zu sein, der diesen Wahn nicht ganz fahren ließ. In seinem tractatus de Cometis fährt er — meist sehr unkritisch — 400 Kometen an, mit Angabe alles dessen, was darauf erfolgte, und sucht darzuthun, daß nicht allein Böses, sondern auch Gutes dem Kometen folgen könne: eine Wahrheit, die man auch ohne eine so gewaltige Zurückung glauben wird.

an finden sich nur noch obscure Winkelschriftsteller, die — wahrscheinlich ohne selbst im Ernste daran zu glauben — meist nur um des leidigen Gewinns wegen die alten Fabeln wieder aufwärmen. Gewöhnlich warten sie das Erscheinen oder die Vorausverkündigung eines großen Kometen ab, wissen einen Theil des Publicums eine Zeitlang zu täuschen, und sind es gern zufrieden, wenn sie und ihre Werke, sehr bald nach dem Verschwinden des Kometen, der ewigen Vergessenheit übergeben werden.

Doch das Aufgeben eines Irrthums ist noch nicht nothwendig Erkenntniß der Wahrheit. Descartes' Wirbeltheorie trat auf und verdrängte die bisherigen Erklärungssysteme, aber ihre Schwächen mußten nur zu bald fühlbar werden, und gerade bei den Kometen am meisten. Wie wenig Sicheres auch bis dahin über ihre Laufbahnen erforscht sein mochte, soviel stand fest, daß ein Kreis, auch selbst in rohester Annäherung, diesen Bahnen nicht entsprechen könne. Nun aber forderte die Wirbeltheorie nothwendig Kreise, und zwar der Ekliptik parallele, so wie Bewegung in übereinstimmendem Sinne, was also mit den Kometen anfangen? Descartes nahm an, unsere Sonne und die Fixsterne seien im Ganzen gleicher Natur (allerdings wahrscheinlich) und so würden diese auch Flecke wie unsere Sonne haben. Nähmen diese Flecke dergestalt zu, daß der ganze Fixstern von ihnen umgeben wird und er also nicht mehr leuchtet, so hat er auch nicht die Kraft mehr, seinen Wirbel festzuhalten. Andere benachbarte Wirbel ergreifen ihn, und der bisherige Centralkörper selbst wird von diesen verschiedenen Wirbeln bald hier-, bald dorthin geschleudert, kann so auch gelegentlich in den Bereich unserer Sonne kommen und ihn als Komet durchwandern. Doch nimmt dieser Zustand wieder ein Ende, die Fleckenmaterie zerstreut sich allmählig (etwa der Kometenschweif?), der Fixstern erhält seine leuchtende

Kraft und seinen alten Rang wieder, kann aufs Neue einen Planetenwirbel um sich herum versammeln.

Man sollte fast auf den Gedanken kommen, Descartes habe eine Satyre schreiben und irgend einen gestürzten Monarchen seiner Zeit unter diesem Bilde darstellen wollen. Auf Erden freilich muß man glänzen können, um auf Andere zu wirken. Wie aber noch nach Entdeckung der Jupiterstrabanten und Angefichts des um die Erde laufenden Mondes das Selbstleuchten eines Weltkörpers als Bedingung der herumtreibenden Kraft aufgestellt werden konnte, ist schwer einzusehen; und wenn man vollends die Entdeckungen späterer Zeiten, vor Allem die wirklich periodischen Kometen, in Betracht zieht, so ist jede Erwähnung weiterer Gegengründe unnütz.

Hevel's Kometographie erschien 1667. Dieses an sich schwache literarische Product konnte den Ruhm seines Verfassers, den er durch die von ihm zu Stande gebrachte erste Mondkarte sich erworben, keinesweges erhöhen. Statt eine neue Bahn zu brechen und Besseres an die Stelle der bisherigen Systeme zu setzen, kehrt er vielmehr, wiewohl unter bedeutenden Modificationen, zu der bereits aufgegebenen aristotelischen Erklärung zurück. Die Entstehung der Kometen hat nach ihm verschiedene Ursachen: die erste von ihnen ist Gott. Dieß wird aber keinesweges so einfach wie hier hingestellt; denn Hevel spricht auch die evidenteste Wahrheit nicht aus, ohne alle nur möglichen Beweise und Belegstellen dafür des Breitesten aufzuzählen. — Rückfichtlich der zweiten und folgenden Ursachen ist der langen Rede kurzer Sinn etwa folgender:

Der Komet entsteht aus den feinsten, ätherischen Dünsten der Erde, die sich in den höheren Regionen zusammenballen und, indem sie sich von der Erde entfernen und doch noch, anfangs wenigstens, an der Rotation theilnehmen, eine

Spirallinie zu beschreiben genöthigt sind. Kommen sie so allmählig in den Bereich der Sonne, so verwandelt sich die Spirale in eine geradlinige Bahn, die mit der Tangente des Uebergangspunktes zusammenfällt. Hevel denkt sich den Kometen scheibenförmig und nimmt an, daß er seine breite Fläche der Sonne zuwende. Die Bahn bleibt aber nicht geradlinig, sondern der Widerstand des Aethers verwandelt sie in eine parabolisch gekrümmte. Es läßt sich nicht leugnen, daß Hevel zwei wichtige Wahrheiten hier zum mindesten geahnt hat; leider scheinen sie beide nur gedient zu haben, ihn in seinem Irrthum zu bestärken. Denn die Parabel Hevel's ist weder die apollonische, noch steht die Sonne im Brennpunkt, und die angegebene Wirkung des Aetherwiderstandes ist gleichfalls ganz unstatthaft. — Auch die andern Planeten erzeugen Kometen auf gleiche Weise wie die Erde, und da ein z. B. vom Saturn erzeugter Komet die Sphären aller übrigen durchläuft, so kann er vom Jupiter, vom Mars u. s. w. ähnliche Dünste in sich aufnehmen und so gleichsam als Quintessenz der ganzen Planetenwelt zur Sonne kommen. Diese verschiedenen Theile vermischen sich nun aber nicht mit einander, sondern mit einer merkwürdigen Gewissenhaftigkeit bleibt der Komet bei seiner Rückkehr von der Sonne jedem Planeten das Seinige wieder, und so endet seine ganze Existenz, nachdem er die Sphäre desjenigen Planeten wieder erreicht hat, aus dessen Dünsten er entstand. — *Fiat justitia, et pereat mundus!*

Hevel geht so weit, es den Kometen ansehen zu wollen, welchem Planeten sie ihre Entstehung verdanken. Er behauptet auch Kometen mit mehrfachem Kopfe gesehen zu haben: nach ihm die Theile eben so vieler Planeten.

Nur dreizehn Jahre nach Veröffentlichung dieser Theorie erschien ein großer Komet, dessen Bahn unter keiner Annahme mit ihr vereinigt werden konnte. Georg Samuel Dörffel,

Pastor zu Plauen im voigtländischen Kreise Sachsens, gab seine Beobachtungen dieses Kometen 1681 heraus und begleitete sie mit Betrachtungen über die Gestalt der Bahn. Er prüft Hevel's und die übrigen Theorien, findet sie ungenügend und entscheidet sich zuletzt für eine selbstständige parabolische Bahn, in deren Brennpunkt die Sonne liegt. In dieser Bestimmtheit ausgesprochen, gebührt Dörffel unbestritten das Verdienst, die Wahrheit gefunden zu haben. Vincenz Mut, Madeweis, Henry Percy, Hevel haben sie geahnt, das richtige Ziel aber gleichwohl verfehlt, oder sich auch gar nicht auf die eigentliche Frage eingelassen, wie denn z. B. Madeweis ganz bestimmt nicht von der wahren Bahn, sondern von der scheinbaren (geocentrischen) Bewegung spricht.

So steht der Komet von 1680 als die große Grenzschelde zweier Epochen da. Jenseits Bahn, Willkühr, Schwanken hier- und dorthin; diesseits Wahrheit, Gewißheit und Folgerichtigkeit.

Dörffel hätte den Ruhm seiner Entdeckung, wenn er minder rasch mit ihrer Bekanntmachung gewesen wäre, eingeüßt. Denn schon 1686 erschienen Newton's „*Principia Philosophiae naturalis*“, das größte von Menschen geschriebene Werk. In ihm fand Alles, was bis dahin Wahres und Wichtiges über die Bewegung der Weltkörper gefunden war, seinen entscheidenden Beweis, seinen allgemeinen Zusammenhang, seine innere Begründung. In ihm waren eine Menge der wichtigsten neuen Sätze, die sonst nur in Zwischenräumen von Jahrhunderten an's Tageslicht gezogen zu werden pflegten, wie mit Einem Schlage entdeckt. Auch für die Kometenbahnen war jetzt die definitive Entscheidung gegeben. Ihre Bahnen sind Kegelschnitte (Ellipse, Parabel oder Hyperbel), in deren

Brennpunkt die Sonne steht, und das haben sie mit denen der Planeten gemein. Sie unterscheiden sich aber darin von ihnen, daß sie alle der Parabel sehr nahe kommen (wenn sie nicht gar wirklich eine solche beschreiben), während die Ellipsen der Planeten dem Kreise sich annähern. Der Berechner einer Kometenbahn ist immer zunächst an die Parabel gewiesen. Eine Abweichung von derselben mit Sicherheit zu finden, kann er nur dann hoffen, wenn die Beobachtungen einen hinreichenden Zeitraum umfassen: dieselbe Bedingung, unter welcher auch nur die Abweichung der Planetenbahnen von einem Kreise gefunden werden kann. Der Kreis ist für die Planetenbahnen und die Parabel für die Kometenbahnen die Grenzform, und für mehr als $\frac{2}{3}$ der bisher beobachteten Kometen hat diese Grenzform den Berechnern genügen müssen.

Die meisten gehen mit ihren Bahnen über die Grenzen des Planetensystems (wenn wir Uranus dafür annehmen) hinaus. Von zweien ist das Gegenteil bestimmt gewiß, von zwölf bis funfzehn andern höchst wahrscheinlich. Von zwei oder drei andern, die den Uranus überschreiten, kennen wir eine kleinere als die diesem Planeten zukommende Umlaufzeit. Für alle übrigen sehen wir uns genöthigt, Jahrhunderte und Jahrtausende, wenn nicht vielleicht noch größere Zeiträume, als Umlaufzeit anzunehmen; berechnen lassen sich diese letzteren nur in seltenen Fällen mit einiger Sicherheit.

Wenn es gelungen ist, eine Theorie in ihrer Grundlage vollkommen sicher zu stellen, so darf man es auch wagen, ein bedeutendes Maß von Kraft und Zeit an Aufgaben zu setzen, die sich darauf gründen. Die Arbeit, welche Halley unmittelbar nachher unternahm, war die erste schöne Frucht von Newton's Gesetzen. Er verglich alle bis dahin gesammelte Nachrichten von Kometen, gelangte aber unter den vierhundert älteren nur bei zwölf zum Ziele. Zwölf andere

in neuerer Zeit beobachtete kamen hinzu, und diese vierundzwanzig parabolisch berechneten Halley'schen Bahnen sind die ersten, welche existiren. Er stellte die Elemente dieser Bahnen einander vergleichend gegenüber, um etwaige identische herauszufinden, und seine Erwartungen erfüllten sich, denn er fand:

- 1) Die Kometen von 1456, 1531, 1607 und 1681 sind ein und derselbe.
- 2) Die Kometen von 1264 u. 1556 } sind wahrscheinlich
- 3) Die Kometen von 1532 u. 1661 } identisch.

In Beziehung auf den ersten ist die Vorhersagung Halley's, näher bestimmt durch seine Nachfolger, nun zweimal (1759 und 1835) eingetroffen; die nächste Rückkehr steht 1912 bevor. — Seneca's Prophezeiung hatte sich, nach sechszehn Jahrhunderten, erfüllt.

Was die beiden andern als wahrscheinlich identisch bezeichneten betrifft, so ist um 1790 kein ähnlicher Komet erschienen, doch kann gar wohl die Stellung der Erde zu ungünstig gewesen sein. — Ueber den Kometen von 1264/1556 wird das Jahr 1848, oder ein anderes naheliegenderes, die Entscheidung herbeiführen.

Halley's glückliche Entdeckung ist Veranlassung gewesen, den ersten periodischen Kometen mit seinem Namen zu bezeichnen, und die Folgezeit hat den von ihm berechneten Erscheinungen desselben noch einige frühere, mindestens mit Wahrscheinlichkeit hinzugefügt. Ein Mehreres war damals nicht zu gewinnen, und die noch ganz unbegründeten Voraussagen angekündigter Kometen auf 1719, 1736 u. s. w. sind, wie zu erwarten war, nicht eingetroffen.

Einen besseren Dienst als diese voreiligen Propheten haben die der Welt geleistet, die ihre Beobachtungen der

Kometen unverdrossen fortsetzten, neue aufsuchten und ihre Resultate mit Newton's Theorie verglichen. Was man indeß jetzt nur schwer begreifen kann, der Widerspruch gegen Newton's Theorie dauerte unter den Gelehrten, namentlich den französischen, noch gegen ein halbes Jahrhundert fort. Erst 1744 gab auch der letzte von ihnen, Cassini, den Widerstand auf.

Maraldi, Cassini, Cheseaux, la Caille, Clairaut und Andere haben Halley's Arbeit fortgesetzt und seit dem ersten Eintreffen (1759) ist kein Komet, der hinreichend oft beobachtet worden (nur 3 mal ist schon hinreichend) unberechnet geblieben. Auch in das Alterthum ist man zurückgegangen und hat namentlich einige chinesische Beobachtungen aufgefunden, die Halley unbekannt geblieben waren.

Ueber die Bahnen der Kometen mag ein Beispiel, des am besten bekannten, hier einigen näheren Aufschluß geben. Der Halley'sche Komet war bei der letzten Erscheinung in der Sonnennähe 1835 Nov. 16.; Geschwindigkeit 425 Meilen in der Minute;

in der mittleren Distanz		in der Minute
	der Venus 1835 Dec. 6.;	Geschwindigkeit. 394 Meil.
	der Erde 1835 Dec. 25.;	" 342 "
	des Mars 1836 Jan. 28.;	" 272 "
	der Vesta 1836 März 28.;	" 221 "
	der Juno 1836 Apr. 17.;	" 207 "
	der Ceres u. Pallas 1836 Apr. 30.;	" 200 "
	des Jupiter 1836 Dec. 15.;	" 143 "
	des Saturn 1838 Juli 10.;	" 96 "
	des Uranus 1844 März 10.;	" 56 "
	Sonnenferne 1874 (Jan. 8); . .	" 8 "

Ein noch auffallenderes Beispiel sehr verschiedener Geschwindigkeit gewährt der Komet von 1680, dem Bessel's

Rechnungen eine Umlaufzeit von 8800 Jahren geben und der in seiner Sonnenferne nur 720 Fuß in der Minute vorrückt, in der Sonnennähe dagegen 3200 Meilen.

Olbers hat 1798 eine Methode gegeben, die Kometen unter der Voraussetzung einer Parabel zu berechnen, und sie ist noch immer als die praktisch beste anerkannt. Die genaue Berechnung setzt andere, schwierigere Methoden voraus; Bessel und Gauß haben uns diese gegeben; Ersterer sie auch an mehreren ausführlichen Beispielen erläutert.

Wenn man aus dem Umstande, daß man sich bei so vielen, auch selbst neueren Kometen, mit einer berechneten Parabel begnügen muß, so wie daraus, daß bei so vielen eine der Parabel äußerst nahe kommende Ellipse gefunden wird, den Schluß ziehen wollte, die Kometen beschreiben, zum großen Theil wenigstens, wirkliche mathematisch genaue Parabeln, so müßte man auch zugeben, daß solche Kometen nicht zur Sonne zurückkehrten, sondern sich ganz aus ihrem Bereich entfernten. Ein anderer, ihnen dann zunächst stehender (oder auch durch seine Masse überwiegender) Fixstern würde sie anziehen, und sie sich endlich um diesen in einer ähnlichen Parabel wie um unsere Sonne schwingen, und so fort, wenigstens bis er einmal ganz verschwände. Da nun aber mehrere Kometen reell zurückgekehrt sind, andere mit Sicherheit wiedererwartet werden dürfen, so hätten wir in ihnen zwei gänzlich verschiedene Klassen von Weltkörpern zu unterscheiden: die eine angehörend dem Sonnensystem allein, die andere der gesamten Fixsternwelt gemeinschaftlich. Dabei wäre schon der Umstand auffallend, daß wir durchaus kein durchgehendes Merkmal erblicken, woran diese beiden Klassen auch äußerlich zu unterscheiden wären.

Ein zweiter Umstand ist noch erheblicher. Da der Unterschied zwischen diesen beiden Hauptklassen von Kometenbahnen darin bestehen müßte, daß die einen ihrer Form nach

geschlossen (in sich zurückkehrend), die anderen ungeschlossen sind, so müßte man für diese letzteren Parabeln oder Hyperbeln annehmen. Die Parabel nun ist nichts als eine Grenzform, zwischen Ellipse und Hyperbel, ähnlich wie der rechte Winkel zwischen dem spitzen und stumpfen, und man kann also unendlich gegen eins wetten, daß jede Kometenbahn entweder Ellipse oder Hyperbel sei, um so mehr, als durch die nie ganz verschwindenden Störungen die etwa in einem gegebenen Moment bestehende Parabel schon im nächstfolgenden dies nicht mehr sein, sondern einer der beiden anderen Formen angehören müßte. Wir müßten demnach, sobald unsere Beobachtungen hinreichend umfassend und genau sind, eine Abweichung von der Parabel mit Sicherheit zu erkennen, für die rückkehrenden Kometen Ellipsen, für die zu anderen Fixsternen übergehenden aber Hyperbeln finden. Nun haben wir für einige zwanzig Kometen mit Bestimmtheit Ellipsen, dagegen nur für zwei mit einiger Wahrscheinlichkeit Hyperbeln gefunden, nemlich für den von 1771 nach den Rechnungen von Burckhardt und Encke, und den zweiten Halle'schen Kometen von 1840, nach denen von Peters und Otto Struve. Für den ersten dieser beiden ist die Abweichung von der Parabel, in Theilen der Excentricität ausgedrückt, $\frac{1}{107}$; für den zweiten $\frac{1}{500}$. Aber selbst angenommen, diese beiden Bahnen seien in dem von uns beobachteten Theile derselben wirklich hyperbolic, so würden doch noch zwei Bedenken eintreten, weshalb wir aus diesem Theile auf das Ganze zu schließen uns nicht unbedingt gestatten können.

Wenn nemlich ein Komet sich in der Sonnennähe befindet, so werden die störenden Wirkungen der Planeten auf ihn fast gleich Null, wie die Natur der Sache es ergiebt und wie auch die Berechnungen es stets gezeigt haben; es ist also fast genau so, als wirke die Sonne allein mit ihrer

Kraft, die wir = 1 setzen wollen, auf den Kometen. Steht er in größerer Entfernung, doch aber so, daß er die Region der größeren Planeten noch nicht erreicht hat, so werden diese eine störende Wirkung ausüben, die in den meisten Fällen so beschaffen sein wird, daß der Zug zur Sonne geschwächt wird, was auch vor der Sonnennähe in ähnlicher Stellung der Fall ist. Doch werden auch diese Störungen nur in seltenen Fällen so stark sein, daß sie die Ellipse in eine Hyperbel umgestalten könnten, überdies aber werden sie bei jeder scharfen Berechnung in Betracht gezogen und ihre Wirkung in Abzug gebracht, um die ungestörten Elemente darzustellen. Kommt aber der Komet, nach Ueberschreitung des Planetengebiets, in Gegenden, von wo aus betrachtet dieses nach derselben Seite hin gesehen wird und sich immer weiter entfernt, also optisch in einen immer kleineren Raum zusammenrückt, so werden auch die Wirkungen sämmtlicher Planeten je länger je mehr sich mit der Sonnenwirkung in gleichem Sinne vereinigen, folglich den Zug zu dieser verstärken helfen. Man wird endlich, statt der Sonnenmasse = 1 die Masse des ganzen Sonnensystems = $1 + x$ als wirksam in übereinstimmendem Sinne anzunehmen haben. Dieses x ist nicht ganz unbedeutend; es beträgt nach den neuesten Massenbestimmungen 0,001288 oder $\frac{1}{777}$ der Sonnenmasse*). Diese Wirkung nun ist jedenfalls, wenn die Bahn im Ganzen betrachtet

*) Die Beiträge, welche die einzelnen Planeten zu dieser Summe liefern, sind:

Jupiter	0,000955.	3
Saturn	285.	6
Uranus	40.	5
Erde	2.	9
Venus	2.	8
Mars, Mercur u. s. w.	0.	8

wird, die Hauptwirkung; sie kann sich aber in unsern Beobachtungen nicht direct, und überhaupt nur dann aussprechen, wenn wirklich eine zweite Erscheinung erfolgt und beobachtet ist. Daß diese Wirkung nun in allen Fällen die etwaige Hyperbel der Ellipse wieder näher bringen müsse, leuchtet ein; und ist die hyperbolische Excentricität überhaupt nur schwach, so wird sie sich leicht wieder in eine elliptische verwandeln.

Zweitens aber ist das, worauf die Bahnberechnung sich beziehen sollte, der Schwerpunkt des Kometen. Unsere Beobachtungen lehren uns direct nicht diesen, sondern den hellsten Punkt kennen. Daß beide nicht weit von einander entfernt sein werden, ist zuzugeben, nicht minder auch, daß sie in vielen Fällen, optisch wenigstens, zusammenfallen. Aber unbedingte Regel ist es keinesweges, am wenigsten bei solchen Kometen, die einen starken langgedehnten Schweif und verhältnißmäßig kleinen Kopf haben, wie der große von 1843. Bei diesen wird nothwendig der hellste Punkt der Sonne näher liegen, als der Schwerpunkt. Im Moment der Sonnennähe wird dieser Abstand beider Punkte von einander der größte sein, vor- und nachher geringer; in größeren Fernen endlich werden beide zusammenfallen.

Man denke sich nun, daß der Schwerpunkt eine von der Parabel wenig abweichende Ellipse beschreibe, so wird gleichzeitig der hellste Punkt in den sonnennahen Gegenden leicht eine Hyperbel beschreiben können, wenigstens eine Curve, die durch diesen letztern Kegelschnitt am besten dargestellt werden kann. Also auch in diesem Falle würden wir einen Tschluß machen, wenn wir die Form des beobachteten Theiles der Bahn auch ohne Weiteres für die ganze Bahn gelten lassen wollten.

Hiernach kann die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, daß alle Kometenbahnen geschlossene Ellipsen seien, aus den

bisherigen Beobachtungen keinesweges angefochten werden, wird vielmehr durch diese, so weit es möglich ist, bestätigt, und die Idee von Verbindungsgliedern zwischen den verschiedenen Fixsternsystemen müßte auf andre Weise unterstützt werden. Eine solche nun hat man von einer ganz verschiedenen Seite her zu finden geglaubt.

„Ein Weltkörper, der in einer festen bleibenden Bahn kreiset — so ungefähr lautet der Exkurs — wird auch an seinem Himmel ewig dasselbe sehen, nur von einem Standpunkt aus das Universum betrachten, und nur mit einem sehr geringen Theile desselben bekannt werden können, so wie z. B. mit unserm Sonnensystem. Wenn es aber im Universum höhere, geistigere Geschöpfe giebt, so wird diesen auch folgerichtig ein weiterer, mannichfacherer Gesichtskreis eröffnet sein müssen; ihr Standpunkt darf nicht einem so beschränkten Kreise angehören. Dazu nun können die Kometen, wenn sie von Fixstern zu Fixstern laufen, am besten dienen. Sie sind der Aufenthalt von Wesen, die der Gottheit näher als wir stehen: ihre Geisteskräfte sind im Stande, ungleich reichere Vorstellungen aufzufassen und tiefer in das Wesen der Schöpfung einzudringen, und ihr Wohnort gewährt ihnen diesen Genuß auf die einfachste Weise dadurch, daß er an keinen Ort gebunden und von keiner noch so mächtigen Sonne festgebannt, sie dennoch alle in der Nähe schaut, ein System nach dem andern besucht und in seinen Bewegungen nur der Gesamtheit aller gehorcht.“

Der Verf. hat keinen Anstand genommen, eine Meinung, die er nicht theilen kann, gleichwohl von ihrer annehmlichsten Seite vorzustellen, und es thut ihm leid, das schöne Bild als ein Trugbild darstellen zu müssen. Da er nemlich die Kometen, selbst wenn sie nicht an die Sonne gebunden sein sollten, doch nicht von der Herrschaft des Gesetzes der Schwere lossprechen kann, so werden sie auch, vermöge des-

selben, je entfernter von der Sonne, desto langsamer sich bewegen, wie die oben aufgeführten Beispiele es anschaulich machen. Jene Billionen von Meilen, durch welche die Fixsterne von einander getrennt sind, werden sie also mit einer um so geringeren Geschwindigkeit durchlaufen, je länger sie sind, durch welchen Umstand diese Räume sich gleichsam auf die zweite Potenz erheben, wenn die Zeit berechnet werden soll, innerhalb deren sie zurückgelegt werden. Ich habe den Versuch gemacht, die Zeit zu berechnen, in welcher ein Komet von unsrer Sonne bis zur Wega, einem der nächsten Fixsterne (nach Struve 789,000 Sonnenweiten von uns entfernt) laufen würde, und finde beiläufig 31 Millionen Erdjahre. Von dieser Zeit hat er beiläufig 8 Jahr innerhalb des Sonnensystems und eine ähnliche Zeit innerhalb des andern zugebracht, die übrigen 30,999,984 Jahre in öder Finsterniß, und dem Sternenhimmel im Ganzen nicht näher als wir. Eine solche Reise wäre einer Eisenbahnfahrt zu vergleichen, bei der man aus dem ersten Bahnhofe gleich in einen tausend Meilen langen Tunnel gelangte, der bis an den andern Bahnhof reicht. Solche Räume und Zeiten, als wir nach unsrer jetzt erlangten Kenntniß zwischen den einzelnen Fixsternen statuiren müssen, haben denjenigen schwerlich vorgeschwebt, die die oben berührte Meinung zuerst aufstellten.

Wir sprachen bisher fast ausschließlich von den Kometenbahnen, gleichwohl bieten sie selbst, abgesehen von diesen, viel Bemerkenswerthes, wiewohl wenig Erforschtes. Sie sind noch immer höchst räthselhafte Körper, obgleich man sie gemessen, gewogen und ihr Licht im Prisma polarisirt hat, und trotzdem, daß sie unsrer Erde schon einige Mal sehr nahe gekommen sind, die einmal sogar (26. Juli 1819) durch den Schweif eines Kometen lief. — Man unterscheidet gewöhnlich den Schweif des Kometen von seinem

Kopfe, und in letzterem den Kern von der Nebelhülle. Doch hat es Kometen gegeben, wo sich kein Schweif, so wie andre, wo sich auch kein Kern zeigte, sondern nur eine formlose dünne Lichtmasse. Beides kann zwar aus einem bloß optischen Grunde zu fehlen scheinen; doch giebt es Fälle, wo diese Erklärung offenbar nicht Etich hält und wo sie also offenbar fehlen müssen. Uebrigens sind die Schweife den ungeheuersten und raschesten Veränderungen unterworfen, und derselbe Komet kann z. B. anfangs schweiflos, hernach mehr oder minder lang geschweift und zuletzt wieder schweiflos sein.

Der Schweif ist der Sonne entgegengesetzt, doch meistens nicht ganz direct. Am häufigsten weicht er so ab, daß er gegen die Richtung, welche 180° von der Sonne absteht, mehr oder weniger zurückbleibt, und bei kürzern Schweifen hat man sogar zuweilen bemerkt, daß ihre Richtung mit der zur Sonne gehenden einen spizen Winkel machte. Der Komet von 1824 hatte zwei Schweife, einen längern, von der Sonne abgewandt, und einen kürzern, ihr zugewandt. Er wächst mit der Annäherung zur Sonne, und nimmt mit der größern Entfernung von derselben wieder ab; in den sonnenfernen Gegenden findet deshalb wahrscheinlich gar kein Schweif statt. Oft ist er überraschend groß; in einzelnen Fällen hat die Berechnung auf 10—15 Millionen geographische Meilen geführt und ein Schweif von nur 1 Million Meilen gehört schon zu den kürzern, unscheinbaren.

Aber auch der Kopf ist meist beträchtlich groß, und übertrifft häufig das Volumen der Sonne; klein dagegen der Kern, insofern ein solcher sich unterscheiden und einigermaßen der Größe nach bestimmen läßt. Bei dem Kometen von 1811 zeigte sich um den Kern herum ein verhältnismäßig dunkler Raum und jenseit desselben eine Art comolbischer Mantel als Nebelhülle, dessen beide Aeste in ihrer Verlängerung den Schweif bildeten. Beim Halley'schen

so wie an dem Kometen von 1744 hat man eine fächerförmige, vom Kern ausgehende Lichterscheinung bemerkt, deren Axe nach der Sonne zu gerichtet war, so jedoch, daß die fächerartige Flamme wie ein Wendel um diese Axe herum schwankte, und zwar (nach Bessel) in einer Periode von $4\frac{2}{3}$ Tagen. Diese sich symmetrisch verbreitende Ausströmung schien durch weitere Zurückkrümmung und Verdünnung den Schweif zu bilden.

Uebrigens sind Schweif, Nebelhülle und Kern durchsichtig. Noch nie ist ein Stern durch den Vorübergang eines Kometen verdeckt, ja nur sein Licht geschwächt worden, nur daß er sich auf dem helleren Kometengrunde nicht so scharf hervorhebt, als auf dem dunkeln Himmelsgrunde. Aber auch selbst gebrochen wird das Licht der Sterne beim Durchgange durch den Kometen nicht, was unter andern Bessel durch höchst genaue Messungen gezeigt hat.

Daß der Komet nichts Festes sei, erhellt schon aus den rapiden und großen Veränderungen, denen er unterworfen ist; aus dem Vorstehenden aber zeigt sich auch, daß er nichts tropfbar Flüssiges und eben so wenig etwas Gasförmiges sei; denn in Beidem würde der Lichtstrahl sich brechen. Was ist er denn nun aber? Wir können nur sagen, daß unsre Erde kein Analogon für ihn darbiete, und es daher auch nicht möglich ist, etwas Positives darüber auszusagen. Vielleicht besteht er aus höchst feinen, staubförmig zerstreuten Theilchen.

Damit stimmt es nun ganz überein, daß er trotz seines ungeheuern Volumens doch nur eine ganz unbestimmbar kleine Masse besitzt, denn noch in keinem Falle hat letztere sich wirksam gezeigt. Seine Theile müssen fast gar keine Cohäsion zeigen, da er den auf sie einwirkenden Kräften gar keinen Widerstand entgegensetzt. Seine Dichtigkeit muß viele Millionen Mal geringer, als die unsrer verdünntesten

Luft sein. Das, was man Kern nennt, ist nur der am wenigsten verdünnte und zerstreute Theil der Masse, deren dünnste Theile sich an den äußersten Grenzen der Nebelhülle und des Schweifs befinden. Vielleicht würde der Komet sich sogar völlig zerstreuen, wenn ihn der Widerstand des Aethers nicht daran hinderte. Am schweiflosen Ende'schen Kometen will man wahrgenommen haben, daß er in der Sonnennähe beträchtlich kleiner wird, was man dem vermehrten Drucke des Aethers zuschreibt.

Der Komet hat kein eigenes Licht. Dies ist theils durch astronomische Beobachtungen, theils durch physikalische Versuche dargethan. Die erstern lehren, daß seine Sichtbarkeit fast ganz allein von der Distanz von der Sonne und nur sehr wenig von der Stellung zur Erde abhängt; daß ferner selbst die größten Kometen noch diesseits der Jupiterbahn verschwinden und zwar nicht durch Kleinheit, sondern durch zunehmende Lichtschwäche. Die physikalischen Untersuchungen Arago's aber zeigen, daß das Kometenlicht sich im Polarisationsapparate ganz so darstellt, wie alles übrige erborgte (reflectirte) Licht, während directes (der Sonne, Fixsterne, einer Kerze) sich wesentlich verschieden verhält.

Ueber die Schweife und ihre Entstehung giebt es mancherlei Meinungen. Einige haben zu uns unbekannten Naturkräften ihre Zuflucht nehmen zu müssen geglaubt und z. B. eine Abstoßungskraft fingirt, während doch das Universum nur allein anziehende Kräfte kennt.* Dagegen sind Andre bemüht gewesen, die Hilfe unbekannter Mächte zu entbehren, und nur allein die bekannten Naturgesetze dabei wirksam sein zu lassen. Wenn wir uns den Kometen

*) Nur der größte Mißverstand konnte in dem, was man freilich nicht ganz passend Centrifugalkraft genannt hatte, eine Abstoßung erblicken.

aus weit zerstreuten staubartigen Theilen bestehend denken, und diese, wie wir oben gesehen haben, in der Nähe der Sonne durch den verstärkten Gegendruck des Weltäthers auf ein kleineres Volumen beschränkt werden, so ist es sehr möglich, daß der Komet einer solchen Zusammendrückung nur zu einem Theil folgen kann, während andre Theile ihr widerstreben. Diese werden sodann nach der Seite des schwächsten Gegendrucks (also derjenigen, von woher der Komet kommt) entweichen und allmählig den Schweif bilden, der fortwährend wachsen muß, je mehr der Druck zunimmt. Der Schweif wird also nothwendig nachziehen, alle zurückbleibenden Theile in sich aufnehmen, und es kann (wie bei dem Kometen von 1843) dahin kommen, daß wir vom Kopfe fast nichts mehr sehen, sondern beinahe alles in den Schweif übergeht.

Andre haben den Schweif aus der Differenz der Anziehungen erklärt. Man denke sich eine Masse, welche jede Form ohne Hinderniß annehmen kann, so wird sie, da die entfernteren Theile weniger, die näheren mehr als der Mittelpunkt von der Sonne angezogen werden, eine in der Richtung zur Sonne längliche Figur annehmen, wie wir ja Ebbe und Fluth unsers Meeres auf diese Weise erklären. Hat ferner die Masse gar keine oder doch nur eine sehr langsame Rotation, so werden sich gleichzeitig die schwereren, dichteren Theile auf der gegen die Sonne gerichteten Seite ansammeln, ähnlich wie unsre Mondkugel eine gegen die Erde gerichtete Verlängerung, freilich nur von einigen hundert Fuß, erhalten hat. Ist aber erst einmal der Grund zu einer solchen länglichen Figur, so wie zu einer Sonderung der schwereren und leichteren Theile gelegt, so wird Beides, bei größerer Annäherung zur Sonne, in einem rapiden Verhältniß zunehmen und der Unterschied zuletzt ins Ungeheure anwachsen, natürlich aber auch wieder abnehmen,

wenn der Komet sich von der Sonne entfernt, und die geringe Anziehungskraft, die er auf seine einzelnen Theile ausübt, nach und nach das Uebergewicht über jene Differenz der Gravitation zur Sonne erhält.

Man sieht, daß beide Erklärungen den Erscheinungen im Allgemeinen Genüge thun, ja daß sie sogar gewissermaßen beide neben einander und gleichzeitig bestehen können. Die verschiedene Art der Schweifbildung, die doppelten und von der Normalrichtung abweichenden Schweife würden von ursprünglichen Ungleichheiten des Verdichtungszustandes im Kometenkörper herrühren.

Die häufig wahrgenommene Krümmung des Schweifes, die in Beziehung auf die Bahn stets eine Zurückkrümmung ist, scheint gleichfalls leicht erklärlich. Denke man sich den entlegentsten Theil des Schweifes ganz abgesondert vom Kometenkörper, so wird er, weil entfernter von der Sonne, sich nach den Kepler'schen Gesetzen langsamer bewegen als der Kopf und also gegen diesen je länger desto mehr zurückbleiben. Sein, wenn auch sehr lockerer, Zusammenhang mit den übrigen Theilen hindert ein solches gänzlichcs Zurückbleiben, vernichtet aber keinesweges das Bestreben, sich langsamer als das Uebrige zu bewegen, das also sich wirksam erweisen wird, so weit es die Umstände gestatten, und so die Zurückkrümmung des Schweifes bewirkt.

Es scheint also, als habe man nicht nöthig, zu unbekannten Factoren seine Zuflucht zu nehmen, wenigstens in Beziehung auf diejenigen Erscheinungen, an deren Erklärung man sich überhaupt jetzt schon wagen kann. Denn das wird Jeder leicht zugestehen, daß das Meiste noch immer der Zukunft überlassen bleiben muß.

Man mag nun übrigens die hier vorgetragenen Ansichten von der Natur der Kometen annehmbar finden oder nicht, so ist jedenfalls so viel gewiß, daß sie von der der

Planeten gänzlich verschieden sei. Muß man nun schon bei diesen, trotz so mancher wesentlichen Uebereinstimmung, doch für jeden derselben eine ganz verschiedene Lebensform annehmen, so wird dies noch mehr der Fall sein bei den Kometen. Die Planeten und ihre Trabanten gewähren doch mindestens einen festen Boden, Wechsel von Licht und Schatten, Tag und Nacht, Jahreszeitenwechsel und so manches Andere, was zu unsern Bedürfnissen und Gewohnheiten gehört, und wenn dies nun auch nicht genügt, uns das Bürgerrecht auf Mars oder Jupiter zu erwerben, so mögen ihre Insassen uns doch in so manchen Beziehungen nachbarlich verwandt sein. Aber welche auch noch so entfernte Ähnlichkeit ließe sich zwischen uns und den Kometenbewohnern denken? Sträubt sich nicht schon unsre Phantasie dagegen, auf einem Körper von der oben dargestellten Art überhaupt Bewohner anzunehmen? Mindestens ist es ganz unmöglich, uns einen bestimmten Begriff von diesen Wesen zu machen.

Es wird nun noch nöthig sein, über Werth oder Unwerth der oft gehörten Behauptung, die Kometen könnten den Planeten und also auch unsrer Erde gefährlich werden, Einiges anzuführen. Man wollte diese Gefahren erblicken

a) in einer Störung der Laufbahn, dergestalt, daß ein Planet oder Mond in eine ganz andere als die bisherige Bahn geworfen würde, womit zugleich eine totale Veränderung der Klimate und aller Naturverhältnisse verbunden sein könnte, die es also z. B. dem Menschengeschlecht unmöglich machen würde, die Erde zu bewohnen;

b) in einem möglichen Zusammenstoßen mit einem Planeten, woraus eine Zertrümmerung des Letztern, oder doch höchst gewaltsame Katastrophen und bleibende Veränderungen seiner Umdrehungsaxe u. s. w. hervorgehen müßten;

c) in einer Veränderung des Zustandes der Erd-

Atmosphäre, herbeigeführt durch die Vermischung mit der Nebel- oder Schweifmasse eines Kometen, in Folge deren die Atmosphäre schädliche Stoffe in sich aufnehmen, mit Feuchtigkeit übersättigt werden oder umgekehrt diese in einem beunruhigenden Grade verlieren müßte. So sollte nach Whiston ein Komet die Sündfluth bewirkt haben.

Das Angeführte würde hinreichen, die traurigsten Befürchtungen zu rechtfertigen, und der alte Aberglaube würde, aufgepuzt mit neuer Wissenschaft, wieder aus Licht treten und nicht Aberglaube mehr heißen wollen. Der Komet würde das Uebel nicht sowohl bedeuten als selbst bewirken, was für uns wehrlose Erdbewohner auf Eins hinausläufe.

Was den ersten Punkt betrifft, so hat sich für mehrere Kometen die Gelegenheit, Perturbationen auszuüben, gar nicht selten gezeigt, ohne daß dies je geschehen wäre. Der Halley'sche Komet ging im Nov. 1835 in $4\frac{1}{2}$ Millionen Meilen Entfernung der Erde rückläufig und fast unter einem rechten Winkel vorüber: eine der allergefährlichsten Lagen. Der Encke'sche Komet kam 1835 dem Mercur noch näher; der Komet von 1819 stand so, daß die Erde durch seinen Schweif ging; der von 1770 kam der Erde bis auf 360,000 Meilen nahe, dem Jupiter zu zwei verschiedenen Malen noch näher. Die ungeheuersten Störungen hätten dabei nicht ausbleiben können bei einer nur etwas bedeutenden Masse des Kometen. Sie sind aber gänzlich ausgeblieben: die Elemente der Erd-, Merkurs- und Jupiterbahn haben in keiner Beziehung die geringste Einwirkung von diesen Kometen erfahren; selbst nicht solche, die dem großen Publicum unbemerkt geblieben und nur den Astronomen wahrnehmbar gewesen wären; z. B. eine Veränderung der Jahreslänge um einige Secunden, oder der Richtung der Axe um eine halbe Secunde. Die angeführten Beispiele sind sämmtlich aus neuern

Beiten gewählt, also völlig sicher und eben so sicher die Behauptung der völligen Unwirksamkeit. Hätte der Komet von 1770 nur den sechstausendsten Theil der Erdmasse gehabt, so hätte er das laufende Jahr um $2\frac{1}{2}$ Secunde verlängert, was in den Beobachtungen hätte bemerkt werden müssen. Nichts der Art ist bemerkt worden, folglich ist die Masse dieses Kometen kleiner als $\frac{1}{6000}$ der Erdmasse. Ein absolutes Null kann sie freilich nicht sein, sonst würde ja der Komet ganz aus der Reihe der Körper heraustreten und also auch keine solchen Wirkungen erfahren, wie er sie gleichwohl im größten Maßstab erfährt. So bewirken die Störungen der Planeten bei dem großen Kometen von 1811, nach Argerlanders Rechnung, eine Verfrühung von 170 Jahren für die nächste (um 4700 n. C. zu erwartende) Erscheinung. Also die Kometen haben zwar zu fürchten, von ihnen selbst aber ist, bei ihrer machtlosen Passivität, nichts in dieser Beziehung zu fürchten.

Aber das Zusammenstoßen? Die Möglichkeit kann nicht geleugnet werden, daß z. B. die Erde und ein Komet in ihren Bahnen irgend einmal gleichzeitig nicht bloß nahe vorüber, sondern wirklich auf denselben Punkt geführt werden. Daß sie selten ist, daß sie — nach Olbers — nur durchschnittlich alle 220 Millionen Jahre einmal sich verwirklicht, ändert an der Sache nichts. Hätte nun der Komet nur den geringsten festen Kern, wäre er auch nur so groß wie Teneriffa oder Malta, und käme dieser Kern mit einer Geschwindigkeit von 300 Meilen in der Minute der Erde (die 245 hat) entgegen, so würde der Komet zertrümmert, aber nicht ohne meistentheils einzuschlagen, große Länder mit seinen Trümmern zu bedecken und alles Leben darin zu zerstören, den Ocean aus seinem Gleichgewicht zu bringen, daß er die Erde übersfluthete, die Erdoberfläche und ihre Rotationsperiode zu ändern, der Landkarte eine andre Gestalt zu geben

und bleibende klimatische Veränderungen. Unsere Erde zeigt Spuren früherer Veränderungen, deren Erklärung schwierig und für welche häufig diese Erklärung gesucht worden ist. Allein der hierbei vorausgesetzte solide Kern scheint durchaus nicht vorhanden zu sein. Was wir Kern des Kometen zu nennen gewohnt sind, ist nie scharf begrenzt, erscheint immer nur als dichtester Theil der formlosen Nebelmasse. Die raschen Veränderungen, die in ihm vorgehen, sind unverträglich mit der Annahme einer irgend merklichen Cohäsion seiner Theile. Verhält es sich aber so, dann wird man auch von einem directen Zusammenstoßen — wenn man anders diesen Ausdruck noch rechtfertigen kann — keine verderblichen Folgen verspüren, wenigstens nicht für die Erde.

Indeß hat die Meinung von den verderblichen Wirkungen des Zusammenstoßens der Erde mit einem Kometen, besonders im abgewichenen Jahrhundert, so viele Vertheidiger gefunden (selbst einige namhafte Astronomen zeigten sich ihr nicht gänzlich abhold), daß es nicht Wunder nehmen darf, sie auch noch jetzt von Zeit zu Zeit wieder auftauchen zu sehen. Trotz der zugestandenen großen Verdünnung der Kometensubstanz, glaubte ein neuerer Schriftsteller, Boucheporn, diese Wirkungen behaupten zu können, da man ja den Kometen eine beliebige Geschwindigkeit, z. B. von 40,000 Meilen in der Minute, ertheilen könne. Es ist aber leicht zu zeigen, daß Geschwindigkeiten wie diese im Sonnensystem unmöglich sind. Sie wird in solcher Erdnähe durchschnittlich 350 Meilen in der Minute betragen und diese Größe nie bedeutend überschreiten. Bei gegebenen Bahnelementen läßt sie sich für jeden Punkt der Bahn genau berechnen. Wir bedauern, daß Herr Boucheporn diese kleine Mühe gescheut hat, und halten eine weitere Widerlegung für überflüssig. — Die Wissenschaft könnte ein solches directes Zusammentreffen nur wünschen, da allerdings wichtige Auf-

schlüsse zu erwarten wären, falls es voraus berechnet werden könnte.

Endlich der dritte Punkt. Die Atmosphäre der Erde könnte möglicherweise Einflüssen ausgesetzt sein, wenn gleich der Erdkörper in seiner Bahn, und seine festen Theile in ihrem Bestande ungestört blieben. Wie, wenn ein Komet oder sein Schweif sich mit unsrer Atmosphäre vermischte und so ihre Zusammensetzung änderte, was doch wohl in Beziehung auf uns nur eine Verschlechterung, wo nicht gänzliche Verderbnis herbeiführen würde? Mit Bestimmtheit hier etwas behaupten zu wollen, ist nicht möglich. Nur möge erinnert werden, daß ein neu hinzukommender Bestandtheil unsrer Luft doch jedenfalls gasförmig sein müßte, was aber der Komet ganz entschieden nicht ist. Ob aber aus der Berührung mit heterogenen Theilen, die sich doch nur mechanisch in ihr verbreiten könnten, eine Verschlechterung der Atmosphäre hervorgehen könnte, ist sehr problematisch. Aus der effectiv stattgehabten Berührung am 26. Juni 1819 ist eine derartige Wirkung nicht hervorgegangen. Oder will man die starke Hitze, die den Juli und August dieses Jahres auszeichnete, auf Rechnung jener Berührung setzen? Alsdann aber müßte sie die ganze Erde verhältnismäßig getroffen haben. Sie traf aber nicht einmal ganz Deutschland, sondern hauptsächlich nur seinen nördlichen Theil, so wie Holland, Preußen und Polen. Aehnlich verhält es sich mit den kalten Wintern, die höchst selten sich auch nur über ganz Europa ($\frac{1}{50}$ der Erdoberfläche) erstrecken. Denn man vergleiche die Jahrgänge, welche Petersburg als strenge Winter auführt, mit denen, welche in Odessa, in Island, am Rhein, in Italien für solche gelten, und man findet in einem ganzen Jahrhundert kaum einen congruenten. Aus Beobachtungen einzelner Orte und Gegenden, und wären sie der Zeit nach noch so umfassend, wird es daher nie

möglich sein, einen ungewöhnlichen Einfluß, der nothwendig die ganze Erde treffen müßte, abzuleiten. Dennoch hat Littrow mit den in Oesterreich angestellten Beobachtungen einen Versuch gemacht und findet, daß den Kometenerscheinungen etwa eben so oft warme als kalte, trockne als feuchte oder auch gewöhnliche Jahre folgen. Wer nach dem Einzelnen und Localen sein Urtheil bilden will, muß auf Allgemeingültigkeit Verzicht leisten. Die Menge pflegt übrigens sehr rasch zu urtheilen. So trafen die beiden großen Kometen 1811 und 1819 mit heißen Sommern (in Deutschland) zusammen, und in beiden, namentlich dem erstern, geblieb der Wein vortrefflich. Sofort nannte man ihn Kometenwein und schrieb ihn auf Rechnung jener Himmelskörper, ohne zu bedenken, daß diese auch allen andern Ländern der Erde sichtbar waren, deren größter Theil jene heißen Sommer nicht empfand. Auch waren in eben diesen Gegenden (Norddeutschland u. s. w.) die Sommer von 1826, 1834 und 1842 nicht minder heiß, ohne daß sie durch andre als etwa teleskopische Kometen, wie sie fast jedes Jahr bringt, bezeichnet waren. Wir sehen also, daß ein Einfluß im Ganzen und Großen, wie er eben in Frage gestellt wurde, nicht vorhanden sei, und ob schwächere, nur partiell hervortretende Wirkungen auf Wärme, Feuchtigkeit, Winde u. dgl. existiren, ist praktisch von geringem Interesse und kann jedenfalls erst dann mit einiger Sicherheit untersucht werden, wenn wir von möglichst vielen, über die ganze Erde zerstreuten Punkten genaue Beobachtungen sehr vieler Jahre in ununterbrochener Folge besitzen werden. Dann aber müßte man ohne Vorurtheil und mit wissenschaftlicher Consequenz die Arbeit durchführen, nicht aber mit jenem unbegreiflichen und unverantwortlichen Leichtsinne, mit welchem bisher die Meisten verfahren, die diese Frage behandelt haben. Die wahrhaft lächerliche Jagd auf Calami-

täten, die man in frühern Jahrhunderten bei der Erscheinung eines Kometen anstellte, wobei man denn mit Allem vorlieb nahm, was sich eben bot, auch die Geduld nicht verlor, wenn man Jahre lang darauf warten mußte — diese wird sich freilich, so Gott will, ferner nicht wiederholen.

Wozu sind nun aber die Kometen vorhanden, welchen Zweck erfüllen sie im Universum? Einige haben in ihnen eine Art Brennstoff erblicken wollen, den die Sonne zur fortwährenden Unterhaltung ihres Feuers aus dem Weltraume an sich ziehe. Wenn alle oder auch nur die meisten der Sonne so nahe kämen, wie die von 1680 und 1843, so ließe sich eher ein solcher Zweck supponiren; aber selbst die eben genannten kehrten, nachdem sie einige Stunden in solcher Nähe verweilt hatten, unverändert, wenigstens unvermindert zurück. Eben so wenig gehen sie aus der Sonne hervor — wie freilich noch BURG vermuthete — denn noch bei keinem hat die rückwärts berechnete Laufbahn auf einen solchen Ursprung geführt, wenn auch viele aus leicht nachweisbaren Gründen erst nach dem Perihel der Erde erschienen. Warum will man denn aber die Bestimmung eines Körpers, der seine bestimmte Bahn beschreibt und bleibende Existenz hat, außer ihm suchen? Oder sollte nur die Erde allein das Vorrecht haben, ihren Zweck in sich selbst zu erfüllen? Ohne Zweifel hat der große Urheber des Universums auch die Kometen zu etwas Höherem bestimmt als zu einem bloßen Diener andrer Weltkörper. Doch einen Nutzen will ich bezeichnen, den sie uns schon geleistet haben, und je länger je mehr leisten werden. Lange genug haben sie, ohne den geringsten Nutzen für uns, Schreckbilder und Zuchtrüthen vorgestellt. Mögen sie uns nun, zum Ersatz dafür, durch immer genauere Beobachtung und Untersuchung ihrer Laufbahnen und Veränderungen zu einer fort und fort tiefern Einsicht in das große Ganze der Schöpfung und in

die ewigen Gesetze seiner Bewegungen führen. Wenn sie uns diesen geistigen Dienst leisten, so erfüllen sie einen großen und edeln Zweck, und einen solchen, von dem wir Erdbewohner uns fest versichert halten können, daß er dem Allmächtigen wohlgefalle.

Es ist nun noch übrig, von einigen einzelnen der hierher gehörenden Weltkörper zu sprechen, doch nur in sehr enger Beschränkung, da hier nichts weniger als eine Kometenchronik beabsichtigt wird. Wie mißlich es überhaupt mit einer solchen steht, wird man aus dem oben Gesagten unschwer abnehmen. Zwar ließen sich mindestens ein halbes Tausend, von denen die meisten auch in der That Kometen gewesen sein mögen, aufzählen und jedem derselben ein Excurs über die vermeintlichen Wirkungen hinzufügen, doch wozu dies? Die Wissenschaft fragt vor allem Andern nach dem Orte des Kometen am Himmel und dem Zeitpunkt der Beobachtung; hat sie dieses nicht, so hat sie nichts. Grade darum aber haben sich die alten Kometenbeschreiber fast nie genau bekümmert, und so gilt das Göttesche:

„Was man nicht weiß, das eben brauchte man,
Und was man weiß, kann man nicht brauchen.“

im vollsten Maße von den alten Kometen. — Wir beginnen mit dem in wissenschaftlicher Beziehung merkwürdigsten, dem

Galley'schen Kometen,

wobei wir Alles, was die Vorzeit uns aufbewahrt und möglicherweise auf ihn zu beziehen ist, berichten wollen.

426 v. Chr. „Unter dem Archon Euclees sah man in Athen um die Zeit des kürzesten Tages einen Kometen.“ — Nimmt man beide Angaben nicht sehr genau, und setzt etwa das Ende des November und den klei-

- nen Bären, so dürfte die Nachricht auf den Halley'schen Kometen passen (30 Perioden vor 1835).
- 200 v. Chr. „Ein Komet im Krebs.“ Vielleicht der Halley'sche, vielleicht auch nicht. (27. Periode.)
- 49 v. Chr. (vielleicht auch 48 oder 50). „Ein Komet während des Krieges zwischen Cäsar und Pompejus.“ Die Chinesen erwähnen „einen Kometen in der Cassiopeja.“ Auf den Halley'schen will dies nicht recht passen. (25. Periode.)
- 22 n. Chr. Ein im December (in China) erschienener Komet in der Wasserschlange. Es kann der Halley'sche gewesen sein. (21. Periode.)
248. „Im 9. Jahr der Regierung Tsching-Ki, im August, im Raben.“ — Harmonirt sehr gut mit dem Halley'schen. (21. Periode.)
- 400 und 402. Beide Kometen, wiewohl die Zeit ziemlich zu passen scheint, gehören wahrscheinlich nicht hierher: der erste war zu glänzend; dem zweiten wird ein Lauf bezeichnet, der vom Cepheus durch Cassiopeja nach dem großen Bären geht; beides stimmt zu wenig mit dem Halley'schen.
552. „Ein Komet.“ Ganz unbestimmt und obenein ungewiß.
885. „In Frankreich sah man 20 Tage lang einen Kometen.“ Wir wissen mit dieser Nachricht nichts anzufangen.
930. „Ein Komet im Krebs.“ Der Halley'sche konnte im Sommer dort stehen und das Jahr stimmt mit der 12. Periode vor 1835.
1006. Die hier mitgetheilten etwas nähern Umstände lassen kaum einen Zweifel übrig, daß es rückwärts gerechnet die 11. Periode des Halley'schen Kometen sei.
1080. „Ein Komet am 19. Juli im Zeichen Tay-Duey.“ (Chinesische Berichte.) Das genannte Zeichen begreift

- das Haar der Berenice, so wie Theile des Löwen, der Jungfrau und des Bootes. Der Halley'sche Komet muß 10 Perioden vor seiner letzten Erscheinung dort gestanden haben.
1156. Die Chinesen sehen diesen Kometen am 2. August neben γ Geminorum. Dies stimmt gut mit dem Halley'schen.
- 1231 gehört dagegen ganz bestimmt nicht hierher, wiewohl das Jahr paßt. Die chinesischen Angaben führen auf eine directe Bahn und der Halley'sche ist retrograd.
1305. „Vom 15—21. April gesehen.“ Der Zeit nach scheint es der Halley'sche zu sein.
1381. Die Nachrichten widersprechen einander, sowohl was die Zeit als den Ort betrifft. Doch ist es wahrscheinlich der Halley'sche gewesen.
- Die Ungewißheit ist hier zu Ende und wir haben nun noch sechs vollkommen constatirte Erscheinungen aufzuführen. Indes mögen die bisherigen Data eine Art von zusammengefügtem Beweise abgeben dafür, daß der Halley'sche Komet auch früher schon bestanden habe. Er ist der einzige, und wird noch Jahrhunderte hindurch der einzige bleiben, der eine so ausgedehnte Prüfung gestattet. Da man nun bis in die neuesten Zeiten hin der Meinung sehr häufig begegnet, es seien die Kometen bloße Uebergangsformen, so ist es nicht unwichtig, zu untersuchen, welche Dauer der kometarischen Existenz durch Beobachtungen nachgewiesen werden kann.
1453. Erste gewisse Erscheinung. Die Jahreszeit war seinem Erscheinen sehr günstig. Am 29. Mai sah man ihn zuerst; sein Schweif war 10 Grad lang und sein Glanz ziemlich stark.
1531. Apianus in Ingolstadt hat ihn astronomisch beobachtet; doch nur vom 13—23. August; er war im Ganzen 34 Tage sichtbar, und nicht so glänzend als 1453.

1607. Aufmerksam von Kepler, Longomontanus und Harriot beobachtet. Die Erscheinung ähnlich wie 1531.
1682. In Paris am 26. August gesehen und bis zum 11. September von Picard und Lahire beobachtet. Hevel in Danzig sah ihn noch bis zum 17. und Flamsteed bis zum 19. — Nur mäßiger Glanz.
1759. Erste vorausverkündigte Erscheinung eines Kometen, von Halley aus allgemeiner Vergleichung der Bahnelemente geschlossen und von Clairaut und der Astronomin Lepaute durch überaus mühsame Rechnungen näher bestimmt. Der diesmalige erste Entdecker war Palispsch, ein Bauer aus Prohlis bei Dresden (25. Dec. 1758), und Messier beobachtete ihn bis zum 3. Juni 1759. Ziemlich starker Glanz, doch mehr für die Südhalbkugel der Erde als für Europa. Auf Mauritius verfolgte man seinen Schweif bis zu 47 Grad Länge.
1835. Zweite voraus berechnete Erscheinung. Diesmal betrug der Fehler der Rosenberger'schen Rechnung nur 3 Tage, bei der vorletzten dagegen 22 Tage ($\frac{1}{1300}$ des Umlaufs). Zuerst am 17. August von Dumouchel in Rom gesehen und darauf bis Ende Mai 1836 beobachtet. Eine kurze Zeit, während der Erdnähe, zeigte er sich stark glänzend, sonst aber ziemlich unscheinbar. Der Schweif wuchs bis zu 20 Grad Länge an.

Er wird 1912 wiederkehren. Doch kann nur eine genau durchgeführte Berechnung, die auch über die frühern Erscheinungen sich erstreckt und die auch für den geschicktesten Rechner einige Jahre Zeit erfordern dürfte, über den Tag der Erscheinung Sicherheit gewähren. Seine mittlere Periode ist 75 Jahr 4 Monat.

Encke's Komet.

Seine Geschichte ist erst 60 Jahre alt, gleichwohl sind bereits 11 seiner Erscheinungen beobachtet. Die Identität der 4 ersten (von Méchain, Caroline Herschel und Pons zuerst bemerkten) Erscheinungen entdeckte zuerst Encke 1820, und berechnete von da ab alle Erscheinungen im Voraus, die auch sämmtlich auf die Stunde eingetroffen sind. Ist nun gleich die kurze Periode (1208 Tage) der Schärfe dieser Bestimmung sehr günstig, so würde doch ohne den ungemainen Fleiß und Scharfsinn, den Encke bei dieser Berechnung bewährt hat, ein so günstiges und bei Kometen durchaus beispielloses Resultat nicht erreicht worden sein.

Er ist klein, fast schweiflos, dem bloßen Auge nur schwer und selten wahrnehmbar, und zeigt im Innern der rundlichen oder auch länglichen Masse eine Verdichtung, die als schlechtbegrenzter Kern bezeichnet werden muß und nicht in der Mitte, sondern seitwärts der Sonne abgewandt liegt. Veränderungen der Form wie des Glanzes sind bei ihm sehr merklich.

Biela's Komet.

Seine Beobachtungen beginnen 1772, wo ihn Montaigne zu Limoges am 8. März fand und bis zum 20. beobachtete. Mit bessern Instrumenten beobachtete der darin vorzüglich geübte Messier ihn vom 26. März bis 3. April. Seine Bahn wurde damals als Parabel berechnet; von einer so kurzen Umlaufszeit ahnte man noch nichts. — 1806 entdeckte man einen Kometen in Paris, in dessen von Gambart berechneten Elementen von Biela, k. k. österreichischer Hauptmann, eine Ähnlichkeit von 1772 zu bemerken glaubte. Die anfangs etwas mißtraulich aufgenommene Entdeckung bestätigte sich durch die Rückkehr 1826, der die Hierauf voraus berechnete 1832 im Spätjahr folgte. Sautini's

Mädler, Astronomische Briefe. 20

Rechnung zeigte, daß der Komet 1839 bei seiner Rückkehr zur Sonne eine zu ungünstige Stellung zur Erde haben werde, indem er nicht allein 30 Millionen Meilen von ihr entfernt, sondern auch so stand, daß die Linie von ihm zur Erde fast immer nahe an der Sonne vorüberging. Günstiger wird die Erscheinung im Winter 184 $\frac{5}{6}$ ausfallen.

Seine Umlaufzeit ist 6 Jahr 269 Tage, und seine Bahn ist weniger elliptisch, als sonst bei Kometen gewöhnlich, selbst weniger als die des Encke'schen. Mit bloßen Augen ist er nicht sichtbar. Ein Punkt seiner Bahn liegt der Erdbahn sehr nahe, und wenn er einst am 1. Dec. diesen Punkt erreichen sollte, wird er nur etwa so weit als der Mond von uns stehen und dann eine oder einige Nächte hindurch sehr groß erblickt werden. Durch einen Mißverständnis größter Art hat dieser Komet 1832 die Welt mit Furcht erfüllt. Von jenem erdnahen Punkte der Bahn war nemlich etwas im großen Publicum verlautet und so verwechselte man die Erdbahn mit der Erde selbst, und war auf nichts Geringeres als auf den Weltuntergang am 1. Dec. 1832 gefaßt. Unwissende Scribenten, die die Miene des Belehrers annahmen, machten das Uebel nur ärger, indem sie den auf 1835 vorausverkündigten Halle'schen Kometen mit diesem verwechselten und einen Wirrwar von Kometen und Jahrzahlen anrichteten, wie ihn das 19. Jahrhundert nicht hätte sehen sollen. *)

Die beiden zuletzt genannten hat man auch planetarische Kometen genannt, da sie nach ihrer mittlern Distanz in die Region der Plancoiden fallen und die äußersten Planeten

*) Eins dieser jetzt längst vergessenen Bücher führte den Titel: „Was hat die Welt zu fürchten von dem Kometen des Jahrs 1834?“ Ich antworte: Die Welt hat bei der Erscheinung des Biela'schen wie jedes andern Kometen zu fürchten, daß sie durch unnütze Bücher hintergangen werde, sonst aber nichts.

gar nicht erreichen, auch nicht so stark elliptisch sind. Es sind aber eine ziemliche Anzahl (10 bis 12) in neuerer Zeit erschienen, deren Umlaufzeit sie mit diesen beiden in die gleiche Kategorie setzt und die eben so wie sie rechtläufig sind; nur ist keiner derselben mit Bestimmtheit wiedergekehrt.

Komet von 1264 und 1556.

Des erstern gedenken viele Schriftsteller, nur ist über seinen Lauf wenig Sicheres zu ermitteln, da die Beobachtungen nicht allein sehr ungenau sind, sondern auch wahre Widersprüche enthalten. Auch 1556 hat ein eignes Geschick über ihm gewaltet: Fabricius in Nürnberg hat, wie es scheint, ihn ziemlich gut beobachtet, allein seine Originalbeobachtungen sind noch nicht aufgefunden. Nach den Berechnungen sowohl der frühern Astronomen als auch der neueren von Russel, sind, indeß kaum ein Zweifel bestehen, daß beide identisch sind. Auch unterstützen einige frühere Kometenerscheinungen die Muthmaßung, wiewohl eine Bahnberechnung bei keiner von ihnen möglich ist, nemlich 975, 681 und 389. Wir müssen ihn hiernach um das Jahr 1848 wiedersehen.

Komet von 1532 und 1661.

Von diesen Erscheinungen sind etwas bessere Beobachtungen vorhanden: Traccastor und Apianus für die erste, Hevel für die zweite; auch stimmen die Bahnelemente noch besser als bei dem vorigen. Indes hat man ihn um 1790 vergebens erwartet. Sehr möglich, daß eine ungünstige Stellung zur Erde die Schuld trägt. War z. B. seine Umlaufzeit um 5 Monate gewachsen (und bei Kometen von längeren Perioden sind einige Jahre Veränderung nichts Unmögliches), so fiel sein Perihel in die Mitte Septembers 1789. Um diese Zeit konnte er wegen seiner südlichen Breite in Europa nicht gesehen werden. Die südliche
20*

Halbkugel aber besaß damals noch keine feste Sternwarte. Später aber mußte er dadurch unsichtbar werden, daß die Sonne zwischen ihn und die Erde trat.

Pingré hält dafür, daß auch der Komet von 1402 derselbe gewesen, doch sind die Angaben über seinen Lauf zu mangelhaft; ein Gleiches gilt von dem 1273 in China beobachteten; beide sind übrigens ganz gut mit den obigen Erscheinungen vereinbar. Völlig unbestimmt und unzuverlässig sind dagegen die Kometen von 1143 und 1015; diesen sah man „im Februar“, jenen „gegen Abend“.

Der große Komet von 1843.

Die plötzliche Erscheinung eines ungeheuern Kometenschweifs, die ganz Europa bis zum 55° n. Br. in Staunen versetzte*), ist gewiß noch in lebhafter Erinnerung. Merkwürdiger aber noch ist der durch zuverlässige Beobachtungen an verschiedenen Orten in Europa und Amerika außer Zweifel gesetzte Umstand, daß er am 28. Febr. am hellen Mittage dicht bei der Sonne mit bloßen Augen gesehen worden ist. Raum 3 Grad von der Sonne entfernt, sah man einen weißen glänzenden Punkt und einen wie Rauch erscheinenden etwa 4 Grad langen Schweif. Zwar melden uns die frühern Chroniken von zwei oder drei Kometen Aehnliches, aber so nahe bei der Sonne zeigte sich keiner von ihnen. Fast ganz ähnlich war die Erscheinung des Kometen von 1668, nur daß wir nichts von einer Sichtbarkeit am Tage lesen. Damals wie jetzt war der Kopf klein und kaum zu unterscheiden, der Schweif dagegen 30—45 Grad lang. Auch erschien er um dieselbe Jahreszeit und durchlief

*) Jenseit dieses Parallels sind alle Nachforschungen umsonst gewesen, wiewohl der Ort genau bekannt war, selbst den großen Refractoren von Dorpat und Pulkowa blieb er verborgen. Eben so haben Stockholm, Kopenhagen, Odlnburg nichts von ihm gesehen.

fast dieselben Sternbilder wie diesmal. Gehen wir rückwärts, so kommt

1491 oder 92. „Zu Nürnberg und Krakau ein Komet in den Fischen mit kleinem Kopf und großem, blassem Schweif.“

1317. „Komet.“

1142 (oder 43). „Komet am Abendhimmel“ (in China).

968. „Komet.“

442. „Komet.“

268. Zwei Kometen, deren erster hierher gehören könnte, in China gesehen.

Wir können also eine Umlaufszeit von 175 Jahren für ziemlich sicher annehmen.

Periodische Kometen, deren Wiederkehr noch zu erwarten ist.

Wenn ein Komet in einer Erscheinung lange und genau genug beobachtet werden kann, so ist die Bestimmung seiner Bahnelemente, einschließlich der Umlaufszeit, allerdings möglich, außer wenn die letztere gar zu groß ist. Hierher gehören:

Der Döberische von 1815. Umlaufszeit 74 Jahr. Nächste Wiederkehr 1887 Febr. 9. Abends 10 Uhr. Berechner: Bessel.

Der große von 1811. Umlaufszeit 3065½ Jahr. Nächste Wiederkehr um 4700. Berechner: Argelander.

Der zweite von 1811. Umlaufszeit 763½ Jahr. Berechner: Nicolai.

Der Komet von 1812. Umlaufszeit 70⅔ Jahr. Berechner: Encke.

Der doppelgeschweifste von 1807. Umlaufszeit 1713½ Jahr. Nächste Wiederkehr 3360. Berechner Bessel.

Der Komet von 1680. Umlaufszeit 8814 Jahr. Berechner: Vessel.

Der Lexell'sche von 1770. Umlaufszeit $5\frac{4}{7}$ Jahr. Berechner: Clausen. (Durch eine vom Jupiter erlittene totale Störung der Bahn ist diese in solchem Maße geändert, daß die Erde ihn wahrscheinlich nie wieder sehen wird.)

Komet von 1769. Umlaufszeit 2019 Jahr. Berechner: Vessel.

Noch könnten mehrere, besonders aus neuerer Zeit, aufgeführt werden, deren einer (1780 erschienen, von Clüver berechnet) sogar 78192 Jahr Umlauf zeigt, doch mag das Vorstehende genügen.

Wir haben überhaupt nach den bisherigen Ergebnissen

- 1) Mehrmals erfolgte und völlig gewisse Wiederkehr 3 Kometen
- 2) Wahrscheinliche Identität, aus Ähnlichkeit der Elemente geschlossen 5 "
- 3) Elliptisch berechnete Laufbahnen, deren Wahrscheinlichkeit überwiegend ist 22 "

Also periodische Kometen . . . 30

Nun sind unter etwa 500 als beglaubigt anzunehmenden Kometen 150, bei denen eine Bahnberechnung versucht worden. Diese besteht aber, die obigen ausgenommen, nur aus der Bestimmung derjenigen Parabel, welche sich dem Stück, das die Beobachtungen umfassen, am besten anschließt. In den meisten Fällen ist die Kürze der Erscheinung das unbesiegbare Hinderniß eines weiter gehenden Versuchs; bei den ältern, d. h. allen vor 1680, auch noch die Unvollkommenheit der Beobachtungen (von diesen sind überhaupt nur einige dreißig berechnet). Auch ein sehr beträchtlicher Abstand in der Sonnennähe ist dem Erkennen der Ellipticität ungünstig. So beobachtete man den Kometen von 1729 fast 6 Monate lang, allein er steht 84 Mil. Meilen von der Sonne und ein Bogen von nur 21 Grad war Alles, was man erhielt. Doch

auch wo alle diese Hindernisse nicht stattfinden, ist dennoch oft genug nur eine Parabel gefunden worden. Ein Beispiel ist der große Komet von 1744, über 4 Monate lang gesehen; der von 1773, 6 Monate; und der von 1779, $4\frac{1}{2}$ Monate hindurch scharf und gut beobachtet. Wenn, wie häufig geschieht, Kometen nur wenige Tage oder Wochen gesehen werden, so kann man freilich keine großen Ansprüche an den Berechner machen; aber in den angeführten und vielen andern Fällen bleibt nichts übrig, als auf sehr große Umlaufzeiten, größere als die, welche oben als die bedeutendsten angegeben sind, zu schließen. Auch widersprechen so große Umlaufzeiten keinesweges den anderweitig bekannten Verhältnissen. Ein Komet von 100,000 Jahren Umlaufszeit, dessen Sonnennähe in die Planetenregion fällt, wird in seiner Sonnenferne von dem nächsten Fixstern (α Centauri) noch immer funfzigmal weiter entfernt bleiben, als von der Sonne, und er würde von diesem Sterne weit geringere Störungen erfahren, als diejenigen sind, denen die Kometen innerhalb des Planetensystems sich unterwerfen müssen; es ist also Raum genug vorhanden, um Kometen in Bahnen kreisen zu lassen, denen wir auch bei den anderweitig günstigsten Bedingungen keine Ellipticität abgewinnen können.

Die Ungewißheit rücksichtlich der Umlaufszeit steigt übrigens sehr bedeutend mit dieser selbst, auch verhältnißmäßig genommen. So ist die Unsicherheit beim Encke'schen Kometen (1208 Tage Umlaufszeit) etwa eine halbe Stunde; beim Döber'schen (74 Jahr) etwa 2 Monate; bei dem großen von 1811 (3065 Jahr) schon 43 Jahr und bei dem von 1680 (8800 Jahr) über ein Jahrtausend, und es läßt sich darthun, daß (alles Uebrige gleich gesetzt) die Ungewißheit der Bestimmung sich etwa wie das Quadrat der Umlaufszeit verhalten werde.

Einige merkwürdige, nicht elliptisch berechnete Kometen sind folgende:

- 240** n. Chr. Der erste, von dem eine — freilich höchst unsichere — Bahnberechnung vorhanden ist. Er ist in China beobachtet worden und kam mit Venus in Conjunction.
- 363.** Ein am Tage sichtbarer Komet, kurz vor Julian's Tode, nach dem Bericht des Ammianus Marcellinus. In China sah man ihn bei α Virginis am 26. August, was uns auf eine sehr helle Dämmerung führt. Jedenfalls also ein beträchtlich heller Komet.
- 418.** Während einer totalen Sonnenfinsternis entdeckt (19. Juli) und bis in den nächsten November, ja nach Einigen selbst bis in den Februar 419 sichtbar. — Wie schade, daß von so ausgezeichnet günstigen Umständen damals kein wissenschaftlicher Gewinn gezogen werden konnte!
- 504.** Als eine kleine Probe früherer Kometenbeschreibung möge hier aus Galfredus Monumetensis angeführt werden, daß der Schweif sich in einen feurigen dicken Ballen endigte, einen Drachen vorstellend, aus dessen Maule zwei Schweife hervorgingen, der eine nach Frankreich, der andre nach Irland weisend, letzterer spaltete sich noch in 7 kleinere. — Die Chinesen, damals noch die besten, wenigstens vorurtheilsfreisten Beobachter, wissen gar nichts von diesem Kometen. Soll man etwa annehmen, es sei eine Lufterscheinung gewesen?
- 837.** Der erste von allen, auf dessen Bahnberechnung mit einiger Sicherheit gezählt werden kann. Die Chinesen (denn noch über ein halbes Jahrtausend länger hinab sind sie die einzigen, mit deren Beobachtungen sich noch etwas anfangen läßt) haben ihn vom 22. März bis

28. April beobachtet und einen bis zu 28 Grad anwachsenden Schweif notirt.

Eine Schweiflänge von 80° ist zwar weder an sich unmöglich, noch auch in neuerer Zeit ohne Beispiel. Allein, es muß hier erwähnt werden, daß fast bei allen in China beobachteten Kometen ungeheure Schweiflängen vorkommen, nemlich über 100, ja selbst 200° , was gar keinen Sinn mehr giebt, und welche Länge gleichwohl (895) 37 Tage lang gedauert haben soll. Man muß also einen Mißverstand in diesen Zahlen oder eine andre Eintheilung des Kreises vermuthen.

1066. Von diesem großen Kometen sind alle Schriftsteller voll. Aus den bessern Angaben findet man, daß er rückläufig gewesen, der Sonne bis auf 7 Mill. Meilen und der Erde noch weit näher gekommen sei (zu Ende April). 67 Tage lang sichtbar.

1106. Dieser gleichfalls sehr große Komet, der gegen 50 Tage lang sichtbar blieb, machte im vorigen Jahrhundert viel Aufsehen durch die von Whiston aufgestellte Welterschöpfungs- und Sündfluthstheorie, die auf ihn gebaut war. Er nahm nemlich an, daß er mit dem von 1680 identisch sei und mit dieser Periode rückwärts rechnend, kam er mit 6 Umläufen (von 1106 ab) auf die Sündfluth, und mit 9 auf die 6 Schöpfungstage. Beide große Begebenheiten waren nach ihm Wirkungen des mit der Erde zusammentreffenden Kometen. — Es wird jetzt überflüssig sein, dieser Meinung noch in anderer, als geschichtlicher Beziehung zu gedenken. Schon Pingré zeigte, daß die Kometen von 1106 und 1680 unmöglich identisch sein könnten, und Bessel zeigte, daß die Umlaufzeit des letztern jedenfalls auf mehrere Jahrtausende steigen müsse, wie schon oben angeführt worden.

1208. In diesem Kometen glaubten die damals aufs Schrecklichste verfolgten und gemißhandelten Juden ein Zeichen der Ankunft des Messias zu erblicken. — Er war sehr glänzend und erschien am Abendhimmel.
1222. Er soll den Mond überglänzt haben. Wenn man dies auch nicht geradezu für unmöglich erklären will, so erwähnen doch die gleichzeitigen Berichte der etwas besonneneren Chinesen nichts davon, sondern erzählen nur, daß er sich vom Fuße der Jungfrau gegen Arctur und von da zum Haar der Berenice gewendet habe, und vom 8. Sept. bis 10. Oct. sichtbar gewesen sei.
1297. Ferret v. Wicenz hat folgende Nachricht: „Adolph ward getödtet am 15. Juni 1297, als die Sonne im Löwen stand; man soll damals einen geschwänzten Kometen gesehen haben.

Nun wissen wir, daß die Schlacht bei Gelnhausen, in welcher Kaiser Adolph umkam, am 2. Juli 1298 stattfand, an welchem Tage die Sonne im Krebs, so wie am 15. Juni in den Zwillingen stand. Die ganze Nachricht ist ein Bröckchen des gewaltigen Herbeizerens von Kometen und Unglücksfällen, die *coute qui coute* zusammen gehören mußten.

1301. Er erschien im September und war von bedeutender Helligkeit. Man glaubte in seinem Laufe eine Aehnlichkeit mit dem großen von 1811 zu entdecken. Doch schon die ersten Rechnungen Vessels zeigten, daß die Umlaufzeit des letztern beiläufig 6mal so groß als das Intervall zwischen ihm und dem von 1301 sein müsse; und eine nähere Untersuchung der Beobachtungen des letztern zeigt auch, daß sie völlig unvereinbar mit dieser Hypothese sind.
1337. Aus den chinesischen Beobachtungen, welche 63 Tage umfassen, hat Pingré die Bahn dieses schönen

Kometen abgeleitet. Die europäischen Beobachtungen dagegen sind nichts als traurige Denkmäler der unglaublichen Ignoranz und Ideenverwirrung der damaligen Chronisten.

1402. Ein am hellen Tage sichtbarer Komet, der aber (ähnlich wie der von 1843) nur kurze Zeit einen so lebhaften Glanz zeigte.
- 1454 wird ein Komet erwähnt, der den Mond verfinsterte. Dies wäre eine der interessantesten astronomischen Thatfachen, wenn sie hinreichend beglaubigt wäre. Der einzige Gewährsmann ist Phranza, ein byzantinischer Autor, der vielleicht nur sagen wollte, er sei während einer Mondfinsterniß erschienen. Ich finde für den 8. Juni 1454 n. St. eine große in Europa sichtbare Mondfinsterniß, wie immer durch den Erdschatten bewirkt. Nun soll der Komet im Sommer erschienen sein, die Erklärung wäre also wahrscheinlich. Der Komet kann nahe beim Vollmonde, durch dessen Glanz geschwächt, am Himmel gestanden haben und während der Mondfinsterniß unerwartet groß und deutlich hervorgetreten sein. Wollte man den Ausdruck buchstäblich verstehen, so müßte der Komet zwischen Erde und Mond, folglich in einer Distanz von weniger als 50,000 Meilen stehen; und der Vorübergang vor dem Monde könnte nur eine oder wenige Minuten gedauert haben. Da ferner eine solche Nähe nur etwa zwei Stunden währen kann und der Komet in der nächsten Nacht schon 6—10mal weiter entfernt sein muß, so müßte er entweder in dieser einen Nacht einen ganz ungemeinen Glanz entfaltet haben oder in allen übrigen kaum sichtbar gewesen sein. Keins von Beidem findet statt, er zeigte sich während des Sommers alle Nächte nach Sonnenuntergang und hatte die

Figur eines langen Schwertes; von einer so besonders glanzvollen Erscheinung weiß weder Phranza noch die gleichzeitigen polnischen und chinesischen Schriftsteller, die seiner erwähnen. Ferner könnte nur ein undurchsichtiger Körper den Mond verfinstern und wir kennen keinen einzigen undurchsichtigen Kometen. Endlich aber findet das Räthsel seine höchst wahrscheinliche Lösung in den besondern Umständen, unter denen Phranza schrieb. Er war 1453 bei der Einnahme Konstantinopels durch die Türken in Gefangenschaft gerathen und schmachtete in der Slaverie. Eine Verfinsterung des Mondes durch den schwertförmigen Kometen konnte gedeutet werden — und er selbst bleibt uns diese Deutung nicht schuldig — daß das Schwert der Christenheit den türkischen Mond wieder werde erleichen machen; und ein solches Ereigniß war der damaligen Welt ein viel zu sehr erwünschtes, um es nicht auf jede Weise wahrscheinlich zu machen.

1472. Hier endlich ein Komet, bei dem die Beobachtungen der Chinesen entbehrt werden können. Sein Schweif war 5 Millionen Meilen lang und krümmte sich allmählig rückwärts.

1577. Ungemein glänzend, der Kopf röthlich, eine kurze Zeit hindurch am Tage sichtbar. Tycho hat ihn beobachtet, und so macht dieser Komet Epoche, denn nie und nirgend sind vor Tycho Beobachtungen gemacht worden, die den seinigen vergleichbar wären. Er fand den Schweif 22 Grad lang und der Kopf hatte 7 Minuten Durchmesser (der 188. Theil der Schweiflänge). Die wirkliche Länge des letztern wuchs von 5 bis $9\frac{1}{2}$ Mll. Meilen. Am 28. Nov. sah Tycho noch einen kleinern Nebenschweif, etwa 28 Grad

gegen den erstern geneigt. Die Beobachtungen umfassen $2\frac{1}{2}$ Monat.

1618. Ein großer Komet und mehrere kleinere erschienen in diesem Jahr. Einige Chronisten führen 6 Kometen auf, doch können es auch verschiedene Sichtbarkeitsperioden eines und desselben sein. Drei indessen scheinen wirklich verschieden. Der erwähnte große gab Anlaß zu einer Kometenmedaille, freilich einer solchen, wie sie der damaligen Zeit entsprach. Auf der einen Seite ein ungeheurer Komet und unter ihm eine zur Erde niedergeworfene Menschenmenge, die Hände gen Himmel, um Erbarmen flehend. Auf der Rückseite:

„Gott gib das uns dieser Komet-Stern
Besserung unsers Lebens lern. 1618.“

Gegen die Besserung des Lebens ist nun sicher nichts einzuwenden, besonders wenn man nicht erst das Erscheinen großer Kometen abwartet, um damit zu beginnen. — Die erwähnte Medaille ließ ein dänischer König prägen; einer seiner Nachfolger stiftete zwei Jahrhunderte später eine andre zur Belohnung der Entdecker eines teleskopischen Kometen. Die abergläubische Todesangst des 17. Jahrhunderts äußerte sich auf dieselbe Weise, wie der wissenschaftliche Eifer des neunzehnten.

Bessel hat seine Bahn berechnet. Sein Schweif wuchs gegen den 9. Dec. bis auf 10 Mll. Meilen an, war aber am 16. Jan. 1619 auf 3 herabgesunken. Er lag in der Ebene der Kometenbahn — was wahrscheinlich auch bei den übrigen Kometen der Fall ist, aber nur selten durch Beobachtungen constatirt werden kann. Der Sonne war er dagegen nicht entgegengesetzt, sondern, wie häufig bemerkt wird, rückwärts gekrümmt. Eine Abweichung von der Parabel hat sich nicht gezeigt.

1664. Der erste durch Fernröhre beobachtete Komet — Er war von ansehnlicher Größe und sein breiter gespreizter Schweif (Hevel vergleicht ihn mit einer Pfauensefeder) war 14 Mill. Meilen lang. Ueber ihn hat Lubienitzky einen ganzen Band geschrieben.

1668 } Drei große Kometen, deren Kopf nur in südlichen
1689 } Gegenden sichtbar war, so daß Europa nur einen Theil
1702 } des Schweifes der beiden ersten, vom dritten aber, der nahe am Südpol stehen mußte, gar nichts sah; nur Persien, Aegypten u. a. sahen etwas vom Schweife. Der erstere ist identisch mit dem großen von 1843.

1744. Der größte des 18. Jahrhunderts, und nach einigen Nachrichten auch am Tage sichtbar. Am genauesten hat Heinsius in Petersburg ihn beobachtet und seine eigenthümliche Gestalt abgezeichnet. Wie beim Halley'schen gingen aus seinem Kopfe kurze gekrümmte Lichtbüschel hervor, und zwar auf der dem Schweife entgegengesetzten Seite. Klinkenberg in Harlem entdeckte ihn am 9. Dec. 1743, und er konnte bis in den April wahrgenommen werden. Eine Parabel entspricht den Beobachtungen so, daß man über die Umlaufzeit nichts bestimmen kann.

In den letzten hundert Jahren sind zusammen über 100 Kometen gesehen, in einzelnen Jahren bis zu 5; die wichtigsten darunter aber sind schon oben angeführt, und die meisten von ihnen waren nur teleskopisch.

XVI.

Die Sternschnuppen.

Was sollen diese hier? So würde man noch vor funfzehn Jahren allgemein gefragt haben; so werden nicht Wenige noch heut fragen. In der That haben die Astronomen ihnen früher gar keine Aufmerksamkeit zugewandt und sie als nicht zu ihrem Bereich gehörend betrachtet. Aber wie die Kometen im sebzehnten, so haben sich die Sternschnuppen im neunzehnten ein Recht erkämpft, worauf sie bis dahin keinen Anspruch zu haben schienen. Noch ist nicht ganz ausgemacht, ob man sie in die Rolle der vollberechtigten, erbgeessenen Bürger des Kosmos einzutragen, oder sie nur als Schutzverwandte zu betrachten habe; jedenfalls sind sie einzeln zu klein und ihre Gesamtzahl zu groß, um anders als in dieser Gesamtheit die allgemeine Aufmerksamkeit festzuhalten. Zu wünschen wäre nun wohl, daß man in ihrem neuen Verhältniß auf einen passenden Namen für sie bedacht wäre, auch ist ein solcher mehrfach versucht worden. Aber Meteore, wenn auch mit einer näheren Zeitbezeichnung (wie August- oder November-Meteore) ist zu allgemein; Aerolithen oder gar Mondsteine (wie Benzenberg will) haben im Gegentheil schon eine Erklärung antizipirt, die nichts weniger als unbestritten ist und die jedenfalls nicht in eine Benennung gehört, mit der ein größtentheils noch unbekannter Gegenstand bezeichnet werden soll. Fallsterne wäre besser, da es sich mehr an die äußere Manifestation anschließt, aber wieder nicht ganz richtig, da sehr viele ganz und gar nicht fallen, weder scheinbar noch wirklich. Bei diesem Stande der Dinge habe ich den hergebrachten Namen, der wenigstens Jedem gleich

sagt, wovon die Rede sein soll, um so mehr vorläufig beibehalten zu müssen geglaubt, als ja auch in anderen Fällen, wo es sich um längst nicht mehr zweifelhafte Gegenstände handelt, Namen im allgemeinen Gebrauche sind, von denen Niemand behaupten wird, sie seien der Sache angemessen und würdig, wie z. B. Milchstraße. Genug davon!

Gewiß hat Jeder in heltern mondlosen Nächten das Fortschießen von Lichtpunkten bemerkt, die unerwartet am Himmel bald hier bald dort zwischen den Sternen hindurchfahren und gewöhnlich schon verschwunden sind, bevor man dazu gelangt ist, sich ihren Ort zu merken. Dem ganz Unkundigen wird es vorkommen, als verlasse ein Stern seinen Ort, um einen anderen am Himmel einzunehmen oder auch zu verschwinden. Einzelne dieser Sternschnuppen sieht man einen vorzüglichen Glanz entfalten und zuweilen ist sogar ein bestimmter Durchmesser wahrnehmbar, in welchem Falle man sie als Feuerkugeln bezeichnet. Einige dieser Feuerkugeln hat man deutlich zerplagen sehen; z. B. der Verfasser selbst eine überaus große und helle am 3. Januar 1838 Morgens um 6 Uhr vom Berliner Thiergarten aus am westlichen Himmel.

Ebenso hat wohl Jeder, wenn auch nicht selbst Steine vom Himmel fallen sehen, doch vielfältig von solchen gehört, die hier und da vor glaubwürdigen Zeugen herabgefallen sind, und von deren baarer Existenz man sich überdies in den meisten naturhistorischen Museen überzeugen kann. Zwar was diese Steine betrifft, so werden noch viele der Lebenden in Zeiten zurückdenken können, wo man sie als abergläubischen Kram verächtlich bei Seite warf. Und in der That, so ganz grundlos war das Mißtrauen nicht, mit welchem das aufklärende achtzehnte Jahrhundert sie betrachtete. Denn dieselben Chronisten, die von ihnen zu erzählen mußten, ließen auch Blut, Stücke Fleisch und noch ganz andere

Dinge vom Himmel regnen, und das absichtliche Bestreben, solche Vorfälle in eine bedeutungsvolle prophetische Verbindung mit andern geschichtlichen Ereignissen zu bringen, drängte sich gar zu auffallend in den Vordergrund. So kam es denn, daß man in jenen löblichen reformatorischen Bestrebungen sich etwas übereilte und geneigt war, Alles, wofür nicht gleich eine Aufklärung bei der Hand war, in das Reich der Fabeln und des Aberglaubens zu verweisen.

Dem neunzehnten Jahrhundert scheint es — in den Naturwissenschaften wenigstens — vorbehalten, diese in bester Meinung begangenen einzelnen Uebereilungen wieder gut zu machen, und so manchem „Alten“ wieder zu seinem Rechte zu verhelfen, oder vielmehr ihm zum ersten Male wissenschaftlich Recht zu geben. Denn so geneigt wir auch immer sein mögen, das Unrecht, dessen man in Beziehung auf einzelne Thatfachen im ersten Eifer sich schuldig gemacht, offen anzuerkennen, so denken wir doch nicht im Entferntesten an eine Restauration aller alten Fabeln und Wundergeschichten, und noch viel weniger an eine Rückkehr zu der Denk- und Anschauungsweise, welche die früheren Jahrhunderte so unterschieden charakterisirt, und vor der wir einen wo möglich noch größeren Abscheu tragen, als man ihn vor sechzig Jahren trug.

Auch die vom Himmel gefallenen Steine gehören zu den Kindern, die man mit dem Bade ausgeschüttet hatte. Ihre erste öffentliche Rehabilitation verdanken sie einem Steinsfalle zu l'Église in Frankreich am 26. April 1803, der gerichtlich und wissenschaftlich so gut beglaubigt werden konnte, daß der Widerspruch verstummen mußte. Einmal aufmerksam gemacht, lernte man nun auch bald mehrere Berichte von solchen Vorgängen kennen und richtiger würdigen, verglich die neuerdings herabgefallenen Massen mit älteren, die man zum Theil in Kirchen verwahrt hatte, und

fand die Ähnlichkeit des äußeren Ansehens und der inneren Bestandtheile so befriedigend, daß eine Anerkennung auch der älteren Vorgänge dieser Art nicht ausbleiben konnte. Chaldni verdient als einer der ersten genannt zu werden, die sich diesem neueren Gegenstande der Naturforschung mit Eifer widmeten (schon 1794 in seiner Schrift über die von Pallas gefundenen Eisenmassen).

Sollen wir nun behaupten, daß alle oben erwähnten Erscheinungen auf eine einzige zurückzuführen sind? daß Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteorsteine und alles damit äußerlich Verwandte schlecht hin identisch sei? Möglich allerdings, aber noch bei weitem nicht spruchreif. So sehr es auch wünschenswerth wäre, auch nur eine einzige Sternschnuppe oder Feuerkugel mit Gewißheit als Meteorstein wiederzufinden — womit wir einen nicht-irdischen Körper in die Hand bekämen — so ist doch dieser Wunsch noch nicht realisiert. Der Astronom insbesondere hat viele warnende Beispiele aus früheren Zeiten vor Augen, die ihn behutsam machen müssen; er kann die dreisten Behauptungen Benzenberg's in seiner Schrift: „Die Sternschnuppen sind Mondsteine“ nicht so rasch zu den seinigen machen. Vor der Hand bleibt nichts übrig, als jedes der beiden Phänomene für sich in Betracht zu ziehen und abzuwarten, ob etwa in Folge dieser Untersuchungen sich diese oder eine ähnliche Behauptung rechtfertigen lassen werde.

Fangen wir mit dem letzteren Gegenstande an, der greifbar in unseren Händen ist und sich der mineralogischen und chemischen Analyse unterworfen hat.

Die Meteorsteine sind sämmtlich, soweit man ihr Niederfallen beobachtet hat, mit großer Gewalt und Schnelligkeit herabgestürzt, fußtief in die Erde eingeschlagen und in heißem, ja glühendem Zustande gefunden worden, daher es gar nicht unglaublich klingt, daß einst ein Meteorstein einen Pachthof

zu Bury S. Ermonds angezündet, ein anderer einen Francis-laner in Mailand erschlagen habe. Sie sind gewöhnlich nicht einzeln, sondern gleichzeitig in großer Anzahl gefallen (Steinregen). Es läßt sich nicht nachweisen, daß einzelne Erdorte häufiger als andere von ihnen getroffen werden.

Den Bestandtheilen nach unterscheidet man zunächst Meteorsteine und Meteor Eisen. In jenen kommt zuweilen Eisen vor, in diesen ist Eisen der Haupt- und zuweilen einzige Bestandtheil. Jene haben ein spezifisches Gewicht von etwa 3,5 (Wasser als Einheit gesetzt) und nur der Meteorstein von Mais (gefallen am 15. Mai 1806, 5 Uhr Abends) macht eine Ausnahme und zeigt ein Gewicht von 1,9. Das Meteor Eisen kommt dem spezifischen Gewicht nach mit gewöhnlichem tellurischen Eisen überein.

Die Meteorsteine sind meistens von blasigem Gefüge, zum Theil selbst bröcklich und zerreiblich. Schwefelkies, Magnetkies, Eisen, Nickel sind die gewöhnlichsten Bestandtheile; doch in verschiedenem Verhältniß, einzelne derselben auch wohl ganz fehlend. Das Meteor Eisen, was man nur in sehr seltenen Fällen wirklich herabfallen sah, meist nur nachher gefunden hat (eine Ausnahme macht die beim Dorfe Graszina bei Kragm gefallene 71 Pfund schwere Masse gebiegenen Eisens, am 26. Mai 1751, Abends 6 Uhr) ist zuweilen mit Olivin oder Magnetkies gemengt, oft aber ganz rein. Alle bisher in den Meteor massen gefundenen einzelnen Bestandtheile gehören auch anderen Körpern unserer Erde an, aber sie bilden in ihnen meistens Verbindungen, die bei den Naturkörpern unseres Wohnortes nicht in gleicher Art gefunden werden. Einzelne Stücke, namentlich der zweiten Art, wogen Hunderte, ja Tausende von Pfunden.

Woher kamen sie nun? Man hat vier verschiedene Antworten versucht.

- 1) Sie sind Auswürflinge unserer feuerspeienden Berge.
- 2) Sie erzeugen sich in der Luft und den darin aufgelösten mineralischen Substanzen.
- 3) Sie kommen aus den Vulkanen des Mondes.
- 4) Sie sind selbstständige Weltkörper, die im Sonnensystem ihren Lauf beschreiben, auf diesem zufällig der Erde begegnen und ihn solchergestalt enden.

ad 1) Da wir, in Europa wenigstens, wohl alle jetzt thätigen Vulkane kennen, einzelne Meteorsteine aber Hunderte von Meilen um ihren Fundort herum keinen Vulkan haben, können wir es uns ersparen, hierüber weitläufiger zu sprechen.

ad 2) In der Atmosphäre unserer Erde könnten vielleicht sehr kleine Massen durch einen uns unbekannten (etwa elektrischen) Proceß sich bilden und sofort herabfallen, nicht aber so schwere Körper, zu denen die aufgelösten Substanzen durch einen ungeheuren Raum in der Luft zerstreut sich befinden müßten. Gewiß steigen mineralische Dämpfe sowohl auf natürlichem Wege als aus unsern Hochöfen und Schmiedeeisen in die Luft empor, reichen aber zur Erklärung bei weitem nicht aus.

ad 3) Der Mond hat keine Vulkane. Nicht allein sind sie bei den genauesten Beobachtungen, trotz der ungeheuren Menge von Kratern, die uns der Mond zeigt, nicht wahrgenommen worden; es fehlen ihm auch die Bedingungen, unter denen auf der Erde ein Vulkan ausbrechen kann. — Daß übrigens die Entfernung des Mondes kein Hinderniß sei, haben Olbers und Laplace durch Rechnung dargethan und gefunden, daß ein mit der anfänglichen Geschwindigkeit von 8000 Fuß dort aufgeworfener Stein gar wohl den Anziehungsbereich des Mondes überschreiten und in den der Erde eingehen könne. Der Fall wäre übrigens doch ein sehr seltener, denn bei weitem die meisten dieser

Steine würden, wenn sie nicht auf den Mond zurückfielen, im Weltenraume weiter laufen und gar nicht gegen die Erde hin sich richten.

Es scheint also in der That nur die vierte Meinung haltbar zu sein. Es hat durchaus nichts Widersprechendes, sich im Planetenraume Körper zu denken, die zu klein sind, um unter gewöhnlichen Umständen in unseren stärksten Ferngläsern zu erscheinen, und die, wenn sie in den Gesichtskreis der Erde kommen, auch gleichzeitig in ihren Anziehungskreis übergehen. In der That haben die größten Physiker, von Chladni bis Berzelius, sich dieser Meinung zugewandt.

Eine auf das Erdjahr sich beziehende Periodicität der Fallzeit ist nicht nachzuweisen, doch sind die Angaben noch zu sehr vereinzelt, auch nicht alle dem Datum nach gewiß, um etwas Sicheres zu erkennen. Eins der reichsten Cabinette dieser Art ist das Wiener, welches von 94 Fundorten 258 Nummern besitzt. Nach der Zeit des Falles, so weit diese bekannt ist, ergeben sich folgende Tage:

Januar 15.

Februar 3. 10. 19.

März 8. 12. 13. 15. 22. 25. 30.

April 5. 6. 12. 15. 19. 26.

Mai 8. 9. 13. 22. 26.

Juni 4. 12. 13. 15. 16.

Juli 3. 8. 12. 24. 24.

August 5. 7. 10.

September 3. 5. 9. 9. 10. 13. 13. 14.

October 1. 3. 5. 8. 13. 13. 14.

November 7. 11. 13. 17. 20. 23. 25.

December 13. 13. 13. 13. 14.

und außerdem noch, ohne Angabe des Tages, 2 im Juni, 1 im August, 1 im September, 1 im November; wobei

nur die Häufung in der zweiten Decemberwoche etwas anfällt; ich führe die Erscheinungen hier einzeln an:

1795 am 13. December Nachmittags 3 $\frac{1}{2}$ Uhr zu Woldcottage (Yorkshire, England), 56 Pfund.

1798 am 13. December Abends 8 Uhr zu Krahut (Benares, Ostindien), viele kleine Steine, doch einige über 1 Pfund schwer.

1803 am 13. December Vormittags 10 $\frac{1}{2}$ Uhr zu Mäffing (Alt-Deitling, Baiern), 3 $\frac{1}{4}$ Pfund.

1813 am 13. December Vormittags 10 $\frac{1}{2}$ Uhr zu Lontalar (Wiborg, Finnland), mehrere kleine Steine.

1807 am 14. December Morgens 6 $\frac{1}{2}$ Uhr zu Weston (Connecticut, Nordamerika), viele Steine, zum Theil von beträchtlicher Größe.

Gehen wir nun zu den Sternschnuppen über, die die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auch erst seit etwa 50 Jahren auf sich gezogen haben. Früher erklärte man sie als brennbare Dünste, etwa von ähnlicher Natur, wie die sogenannten Irrlichter. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts erregten sie die Aufmerksamkeit mehrerer jungen und eifrigen Forscher, wie Olbers, Brandes, Benzenberg, und es wurden, nicht ohne Erfolg, gleichzeitige Beobachtungen von Sternschnuppen an verschiedenen Orten angestellt, mit möglichst genauer Bemerkung des Orts und der Zeit des Erscheinens und Verschwindens, letzterer um der Identität gewiß zu werden. In den Jahren 1797 und 98 wurden gegen fünfzig Sternschnuppen auf diese Weise beobachtet und ihre Höhe beträchtlich gefunden; nie unter 4—5 Meilen, oft aber 30—50; ja es kamen Fälle vor, wo eine Parallaxe sich nicht zeigte, die also jedenfalls noch weiter entfernt waren. Spätere, von Zeldt, Boguslawsky, Erman u. A. angestellte Beobachtungen

nach strengen, von Vessel aufgestellten Formeln berechnet, gaben ähnliche Höhen. Die Mehrzahl war, wenn auch in schräger Richtung, zur Erde herabgekommen, doch auch das Gegentheil kam vor.

Diese Ergebnisse machten es nun schon zweifelhaft, daß unser Luftkreis der Entstehungsort dieser Körper sein könne. Das erste, stets plötzliche und unerwartete Erscheinen bezeichnete ohnehin wohl nicht den Zeitpunkt des Entstehens, und der Atmosphäre hätte man eine Höhe zutheilen müssen, und der Atmosphäre hätte man eine Höhe zutheilen müssen, welche die gewöhnlich angenommene sehr weit übertraf. Aber auch angenommen, daß sie sich zu so ungeheueren Höhen erstreckte, wie unmeßbar dünn müßte sie nicht dort sein. Nach dem bekannten Mariotti'schen Gesetz und den in unseren unteren Regionen angestellten Barometerbeobachtungen hat die Luft in 8 Meilen Höhe noch $\frac{1}{1000}$ ihrer Dichtigkeit (die an der Erdoberfläche 1 gesetzt) in 16 Meilen $\frac{1}{1000000}$, in 50 Meilen $\frac{1}{1000000000000000000}$ u. s. w., so daß wir sehr bald zu einer bloß logarithmischen Bezeichnung der unendlich kleinen Bruchzahlen genöthigt sein würden. Und in einem solchen Nichts sollte noch aufgelöster Meteorstoff sich befinden können, hinreichend, nicht nur Sternschnuppen, sondern selbst mächtige Feuerbälle zu erzeugen? (Die Feuerkugel vom 3. 1760, die in 19 Meilen Höhe zuerst gesehen wurde, hatte 3000 Fuß, die vom Jahre 1823 sogar 10000 Fuß Durchmesser). Obwohl ich mich früher an einem anderen Orte (in Kretschmar's meteorologischer Zeitschrift vom Jahre 1825) selbst, unter Bedingungen, für den atmosphärischen Ursprung der Sternschnuppen und verwandter Erscheinungen erklärte, so muß ich doch jetzt anderer Meinung sein.

Dazu kam, daß mehrere Astronomen Sternschnuppen durch das Feld ihres Fernrohrs ziehen sahen, deren Glanz nicht stark genug war, um dem bloßen Auge sich wahr-

nehmbar zu machen. Schröter sah eine solche, deren Entfernung er auf 600 Meilen schätzte. Zwar hat man nicht mit Unrecht bemerkt, eine solche Schätzung sei zu trügerisch, und es könne eben so gut eine 6 Meilen entfernte sehr kleine, als eine 100 Meilen weite größere Sternschnuppe gewesen sein. Allein das Feld eines Fernrohrs umfaßt einen so kleinen Raum, daß eine so nahe Sternschnuppe, nach Allem, was wir über die Raschheit ihrer Bewegung wissen, nur $\frac{1}{100}$ Secunde lang oder eine noch viel kürzere Zeit hindurch im Felde hätte bleiben können, bei welcher Raschheit der Beobachter wohl nichts wahrgenommen hätte. Mir selbst ist fünf- oder sechsmal dieser Fall vorgekommen. In einem derselben brauchte die Sternschnuppe reichlich eine Secunde, um ein Gesichtsfeld von $2\frac{1}{4}$ Graden zu durchziehen. In dieser Zeit legen Sternschnuppen gewöhnlicher Art, mit bloßem Auge betrachtet, 30 – 40 Grad am Himmel zurück; bei den meisten ist die ganze Dauer der Erscheinung kürzer. Hiernach muß ich es also mindestens sehr wahrscheinlich finden, daß jene Sternschnuppe beiläufig funfzehnmal weiter von unserer Erde entfernt war, als die mittlere Durchschnittsentfernung der übrigen beträgt; nehmen wir 16 Meilen für letztere, so kommen für jene etwa 240. Mögen auch solche Zahlen ein noch so geringes Vertrauen verdienen, jedenfalls wächst durch die zuletzt angeführten Wahrnehmungen die Schwierigkeit, sie in unserer Atmosphäre entstehen zu lassen.

Diese Schwierigkeit aber wird zur Unmöglichkeit, wenn wir an die rasche Bewegung jener Meteore denken. Aus den angeführten Berechnungen ergibt sich eine Geschwindigkeit von mehreren Meilen in der Secunde, wodurch die raschesten Bewegungen im Luftmeer, ja selbst die des Schalles und die Erdrotation, um das Hundert- und Tausendfache übertroffen werden; eine Geschwindigkeit, die nur in

den kosmischen Bewegungen sich wiederfindet. Nicht selten übertrifft sie noch die der Erde in ihrer Bahn.

Wir können also diese Erscheinungen, in ihrer Gesamtheit wenigstens (denn allerdings mag es vorkommen, daß brennbare Dünste auf diese Weise sich zeigen), nicht der Atmosphäre der Erde zuschreiben, ohne uns von der Ausdehnung und Wirksamkeit der letzteren Vorstellungen zu machen, welche mit dem, was wir von anderer Seite her über sie wissen, im unvereinbaren Widerspruche stehen.

So standen die Sachen, als vor funfzehn Jahren Alexander von Humboldt darauf aufmerksam machte, daß in den Nächten des 12. und 13. Novembers sich in mehreren Jahren und in den verschiedensten Erdgegenden eine ungemein große Zahl von Sternschnuppen gezeigt habe. Er forderte die Astronomen auf, in diesen Nächten Beobachtungen der Art anzustellen, und der Erfolg bestätigte über Erwarten seine Vermuthung. Zwar war der Reichthum nicht in allen Jahren gleich groß, zwar wurden in Nord-Europa namentlich durch das im November so häufige anhaltend trübe Wetter viele Beobachtungen vereitelt, allein kein einziges Jahr ist seinen Beitrag schuldig geblieben, und es ist gegenwärtig bewiesen:

„daß alljährlich um den 12. November eine zu anderen Zeiten durchaus ungewöhnliche Fülle von Sternschnuppen sich zeige“.

Einzelne Beobachter sind in einer Nacht bis über 1000 gekommen, und es ist unaussprechlich, daß bei dieser Zahl eine große Menge unbeachtet, wenigstens ungezählt und unregistrirt, vorübergehen.

Wenige Jahre später machte Quetelet, Director der Brüsseler Sternwarte, darauf aufmerksam, daß auch der 11. August ein solcher Sternschnuppentag sei. Der August hat in der Regel viel größere Heiterkeit als der November,

wegen in höheren Breiten seine Nächte noch zu kurz und zu hell sind, um viele Beobachtungen hoffen zu lassen. Doch haben die seitdem gemachten Erfahrungen Quetelet's Entdeckung völlig bestätigt; zuweilen ist sogar die Ernte im August noch reichlicher als die im November ausgefallen.

Es ließ sich erwarten, daß auch in früheren Jahrhunderten diese periodischen Sternschnuppen vorgekommen waren, und die Nachsichungen in den älteren Chroniken sind nicht vergebens gewesen. Mehr als sechshundert Jahre zurück hat man solche Nachrichten gefunden, freilich unter seltsamen Ausdrücken, wie „feurige Heere“, „Sternregen“ u. dgl., immer aber kenntlich genug und um so unverdächtig, als jene Zeiten unsere Theorien nicht hatten, bei absichtlichen und unabsichtlichen Erdichtungen also wohl nicht gerade auf diese Zeitpunkte getroffen wären“).

Ob noch andere Nächte des Jahres sich in ähnlicher Weise auszeichnen, ist noch nicht entschieden. In einzelnen nicht zu den obigen Perioden passenden Nächten haben sie sich reichlich gezeigt, ohne daß derselbe Jahrestag in anderen Jahren uns etwas Ähnliches darbot. Schwächer markirte Perioden glaubt Quetelet in einigen Nächten des April und October gefunden zu haben, worüber die Zukunft entscheiden möge. Vor der Hand halten wir uns an die Erscheinungen des August und November.

Um nichts Wesentliches zu übergehen, werde hier noch bemerkt, daß in mehreren Jahren diese Erscheinungen in gewisser Weise zu einem bestimmten Punkt des Fixsternhimmels in Beziehung standen. Wena man nemlich

*) Boguslawsky folgert aus seinen verartigen Untersuchungen, daß die Meteorernächte sich seit 600 Jahren um 8—10 Tage vorwärts verschoben hätten, und findet selbst in den neueren Beobachtungen seit 1798, unter sich verglichen, eine Andeutung dieses Fortrückens.

die durchlaufenen Bahnstücke, so genau als thunlich aufgefaßt, auf einer Sternkarte markirte, so trafen diese Bahnen rückwärts verlängert in einer und derselben Gegend des Himmels zusammen. Diese Gegend blieb dieselbe während der ganzen Nacht, obgleich sie in Folge der Erdrotation nach und nach ganz andere Lagen gegen den Horizont und Meridian einnahm; sie hatte sich selbst in den folgenden Nächten (denn 2—3 Nächte hindurch währt das Phänomen gewöhnlich, wenn auch nicht in gleicher Stärke) nur wenig geändert, so viel etwa, als die Bewegung der Erde um die Sonne den Ort nicht in gleicher Annahme, daß die Richtung der Sternschnuppen im Ganzen unter sich parallel geblieben war. Am bestimmtesten ist diese Thatsache von Erman in Berlin bei den Augustmeteoren von 1838 wahrgenommen worden.

Durch alles dieses ist nun auch wohl der letzte Zweifel, daß diese Meteore im vollen Sinne des Worts kosmische Phänomene seien, auf immer gehoben. Sie gehören zu den Weltkörpern, möge auch unsere Hand sie umspannen können, und sie werden denselben Bewegungsgesetzen unterworfen sein, denen auch die mächtigsten Planeten gehorchen, mithin Bahnen um die Sonne beschreiben, so lange, bis sie etwa, einem Planeten begegnend, an diesem sich niederschlagen und aus der Reihe selbstständiger Weltkörper verschwinden.

Erman hat den Versuch gemacht, aus der (hinreichend genau bekannten) Lage der Erde gegen die Sonne zur Zeit ihrer Erscheinung, so wie aus dem beobachteten gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte am Himmel, etwas Genährtes über ihre Bahn abzuleiten. Sie hat jedenfalls eine starke Neigung gegen die Erdbahn, auch scheint ihre Excentricität nicht unbedeutend. Bestimmteres kann noch nicht gegeben werden, da ein notwendiges Datum — die Geschwindigkeit

bei ihrem Vorübergange an unserer Erde — noch nicht hat gewonnen werden können und auch wohl große Schwierigkeiten machen wird.

Diese Bahn gehört übrigens, wenn, gleich nicht der Gesamtheit aller überhaupt existirenden Sternschnuppen, doch jedenfalls dem ganzen Schwarme an, der zwischen dem 10. und 12. August an unserer Erde vorüberzieht. Der im November erscheinende muß von diesem verschieden sein. Die Mächtigkeit des Schwarmes — um einen bekannten bergmännischen Ausdruck zu gebrauchen — muß 6—70,000 0. geogr. Meilen betragen, da die Erde gegen drei Tage bedarf, um hindurchzukommen, und die Anzahl der einzelnen zu ihm gehörenden Körper in die Millionen gehen. Um den Umstand, daß das Phänomen jährlich wiederkehrt, erklären zu können, müßte man entweder mit Boguslawsky annehmen, der Schwarm vollende seinen Umlauf um die Sonne sehr nahe oder genau in derselben Zeit wie unsere Erde, was übrigens von beiden Schwärmen, wie verschieden auch sonst die Elemente ihrer Bahn sein mögen, gelten müßte; oder aber mit Erman dem Schwarm eine solche Gestalt und Ausdehnung geben, daß er stets die ganze Bahn gleichzeitig mit Körpern erfüllt, wobei die Umlaufzeit jede beliebige sein könnte, da die Erde stets beim Durchgang durch diese Stelle sie voll Sternschnuppen, wenn gleich jedesmal andern, antreffen wird.

Wir gesehen, daß uns die letztere Ansicht am meisten zusagt. Eine gleichzeitig in jedem ihrer Punkte materiell existirende Bahn ist im Sonnensystem nicht ohne Beispiel: der Saturnsring bietet ein solches. Die August- und November-Meteore fügten diesem nur zwei neue hinzu. Es wäre auch gar nicht notwendig, alle Sternschnuppen in solchen gefüllten Bahnen laufen zu lassen; gar wohl können einzelne eremitisch für sich um die Sonne laufen; andere

zwar Schwärmen angehören, diese aber jedesmal nur einen Theil der Bahn einnehmen. So dürften sich die einzelnen wahrgenommenen oder die nur in einem Jahre angemerkten reichbesetzten Nächte erklären. Ein Mehreres muß man für jetzt nicht verlangen. Genug, daß wir in verhältnißmäßig so kurzer Zeit einen der wichtigsten und seiner richtigen Erkenntniß nach so durchaus neuen Gegenstand schon so weit zu führen im Stande gewesen sind. Fernere Erfolge können nicht ausbleiben, und das Interesse für ein Phänomen, welches mit der Erde in so nahe Berührung tritt und doch auch gleichzeitig den ferneren Welträumen angehört, das kosmische direct mit dem tellurischen verknüpft und überdies ohne Schwierigkeit von Jedem etwa gleich gut wahrgenommen werden kann, da künstliche Hülfsmittel hier so gut als Nichts helfen können, wird nicht wieder abnehmen.

Wollen wir nun noch einmal die oben angeregte Frage wieder aufnehmen und ein Schlußwort über die Identität oder Verschiedenheit der Sternschnuppen und Meteorsteine hinzufügen? Daß man noch kein directes Zeugniß für diese Identität besitzt, ist bereits oben zugegeben worden; auch wird die Gewinnung eines solchen stets einen sehr glücklichen Zufall voraussetzen. Am Tage sieht man keine Sternschnuppen, und in der Nacht sucht Niemand auf's Gerathewohl in Feld und Wald herum, wenigstens nicht auf Meteorsteine. Picinus (in Erdmann's und Schweigger's Journal für praktische Chemie Bd. V., S. 41) hält ein bei Abbau in der Oberlausitz gefundenes Stück porphyren Naseneisensteines für das Reststück einer gleichzeitig dort gesehenen Sternschnuppe; allein die meteorische Natur des fraglichen Stückes ist großen Zweifeln unterworfen. Ohne über diesen Einzelfall uns ein Urtheil anzumessen, möchten wir doch uns für die Identität beider Phänomene aussprechen. Beide sind kosmischer Natur, beide setzen eine

große Menge verhältnißmäßig sehr kleiner Körper voraus, beide endlich scheinen sich gegenseitig zu bedingen. Denn wenn die Sternschnuppen in so großer Menge und so nahe der Erde vorüberziehen, so ist es unausbleiblich, daß einige auf die Erde treffen; und umgekehrt: wenn die Meteorsteine kosmischen Ursprunges sind, und in heißem, ja glühendem Zustand zur Erde herabkommen, so ist es gleichfalls fast nothwendig, daß wir sie in der Nacht wenigstens sehen werden. Nur daß freilich derselbe Meteorstein, den man am Tage niederstürzen sieht, nicht vorher als Sternschnuppe hat bemerkt werden können. Es scheint allerdings erwartet werden zu müssen, daß den periodischen Sternschnuppenschwärmen auch periodische Meteorsteinfälle entsprechen, und daß sich in der Chronik der letzteren jene oben bemerkten Tage gleichfalls vor den übrigen hervorheben müßten. Allein die Zahl der bestimmt bekannt gewordenen Fälle ist noch zu gering (außer den oben angeführten möchten sich nur noch etwa zwölf mit gesichertem Datum finden, und von den Meteorsteinmassen gar nur eine oder zwei überhaupt), um einen solchen Schluß schon wagen zu können. Wünschenswerth bleibt es, den 13. December, der sich in obiger Zusammenstellung so sehr hervorhebt, rücksichtlich seines Sternschnuppenreichthums zu untersuchen. Es wäre auch möglich, daß die mehr isolirt ziehenden Massen leichter als andere in Haufen ziehende an der Erde niedergeschlagen würden.

In wahrhaft überraschender Weise hat sich das Sonnensystem, extensiv wie intensiv, unter unseren Augen erweitert. Bei den Alten sind fünf Planeten Alles, was außer der Sonne, dem Monde und den Fixsternen am Himmel sich bewegte, und die Herrschaft der Sonne über sie ward höchstens von Einigen leise geahnt, nicht aber öffentlich anerkannt. Erst Copernikus setzte sie förmlich auf den Thron und unterwarf ihr auch den sechsten Planeten, unsere Erde.

Die Fernröhre Galiläi's, Huygens, Cassini's lehrten uns entfernte Trabanten und einen körperlichen Ring als Glieder des Systems kennen, Dörfel und Newton erwarben ihm die Kometen, durch deutsche Forscher (denn auch Piazzzi und Herschel sind im deutschen Lande geboren) ward die Zahl der Hauptplaneten und der Monde nahezu verdoppelt, und nun kommen endlich noch diese Proletarier, an die Niemand früher gedacht hatte, und deren genaue Statistik wohl für immer ein Ding der Unmöglichkeit bleiben wird.

XVII.

Die Entstehung des Planetensystems.

Die großen Erfolge der neueren Naturforschung sind Veranlassung gewesen, daß manche Fragen, die aufzunehmen in früheren Jahrhunderten Vermeessenheit gewesen wäre, Gegenstand wissenschaftlicher Forschung geworden sind. Es gab Zeiten, wo man alles Ernstes am Verstande derjenigen zweifelte, die über solche Dinge zu sprechen wagten, wo die Herschel und Laplace in Gefahr gewesen wären, in ein Irrenhaus gesperrt zu werden. „Wer ist dort gewesen? wer ist dabei gewesen?“ dies schien dem großen Haufen hinreichend, über alle astronomische Speculation, über alles Gerede von Entfernung und Größe der Himmelskörper den Stab zu brechen.

Jetzt, wo man damit nicht Amt und Brot, oder gar Leib und Leben mehr riskirt, wo man auch den hier und da noch nicht ganz verstummten Vorwurf der Gottlosigkeit

keit mit reinstem und ruhigstem Gewissen dahin nehmen kann, darf auch in populären Schriften ein Thema behandelt werden, über das man früher, wenn nicht ganz geschwiegen, doch höchstens nur lateinisch geschrieben hätte. Zu einiger Beruhigung so mancher redlichen Gemüther mag indeß hier sogleich vorausgeschickt werden, daß wir nicht gemeint sind, die Schöpfung aus dem Nichts zum Gegenstand einer Analyse zu machen. So weit hat wenigstens noch kein Astronom gehen zu müssen geglaubt, und das Höchste, was sie bis jetzt angestrebt haben, dürfte am Bestimmtesten in dem Ausspruche Kant's: „Gebt mir nur Materie, und ich will euch eine Welt daraus machen“, gegeben sein.

Zu vorigen Jahrhundert war es gleichsam Mode geworden, bei allen solchen Fragen von den Kometen auszugehen. Bald sollte ein solcher ein Stück aus der Sonne herausgestoßen, und diese unterwegs verzeitelte Sonnenmaterie sich in die einzelnen Planeten verwandelt haben (Buffon), bald sollten alle Planeten und womöglich die ganze Schöpfung anfangs nur aus Kometen bestanden haben, und diese sich theils nach und nach in Planeten verwandelt, theils an die so verwandelten von Zeit zu Zeit etwas unsanft angestoßen und so die Vorgänge bei den sechs Schöpfungstagen, bei der Sündfluth u. s. w. veranlaßt haben, nicht unwahrscheinlich auch bei dem bevorstehenden jüngsten Gericht sie wieder veranlassen. (Whiston). Nachdem wir aber Gelegenheit gehabt hatten, mit den Kometen näher bekannt zu werden, und sie ihre Befähigung zu so wichtigen Missionen doch gar zu schlecht bethätigt hatten; auch von anderer Seite her die Summe der Thatsachen, auf welche der Erklärer fußen konnte, erheblich vermehrt war, konnte einer der ausgezeichnetsten Geister, der große französische Analyst Laplace, es wagen, einen gänzlich verschiedenen Weg einzuschlagen. Er

betritt ihn mit der Vorsicht, die der strenge und gewissenhafte Mathematiker stets da gebrauchen wird, wo er sich gestehen muß, nicht mehr ganz auf mathematischem Boden zu stehen. Seine am bestimmtesten und faßlichsten in der Exposition du Système du monde ausgesprochene Hypothese ist von den meisten Astronomen ausdrücklich oder stillschweigend adoptirt worden.

Die gesammte Masse, aus der gegenwärtig die verschiedenen Körper des Systems unserer Sonne und sie selbst bestehen, war ursprünglich formlos, unendlich verdünnt und ohne festes Centrum, sie nahm einen ungeheuren Raum ein, vielmal größer als das jetzige Sonnensystem nach seinen weitesten Grenzen; es würde, aus Fixsternfernen gesehen, etwa in der Art eines Nebelflecks oder Nebelsternes erschienen sein. Diese Urmasse rotirte um sich selbst in einer Periode, welche länger war, als die längste Umlaufszeit eines gegenwärtig daraus gebildeten Körpers, und zugleich war die Temperatur dieser Masse eine beträchtlich hohe, aber im Abnehmen begriffene.

Dies sind Laplace's Voraussetzungen, jenseits derselben er nicht zurückzugehen wagt, von welchen ausgehend er es aber unternimmt, die gegenwärtigen Zustände folgerichtig abzuleiten. Mit jeder Abkühlung ist nemlich eine Zusammenziehung, Verkleinerung des Volumens, nothwendig verbunden; mit dieser aber, dem Kepler'schen Gesetz (der in gleichen Zeiten zurückgelegten gleichen Flächenräume) zufolge, eine rascher werdende Rotation. Der Schwung also, den die äußersten Regionen (in denen er ursprünglich am stärksten ist) empfanden, mußte je länger je mehr zunehmen und die Tendenz, von der übrigen Masse sich abzulösen, immer stärker werden.

Da, wo die Pole der Masse lagen, fand eine solche Tendenz natürlich nicht statt; die Contraction ging un gehemmt und unvermindert vor sich und das Ganze mußte

sich aus einer kugligen je länger desto mehr in eine abgeplattete, lensenförmige Gestalt verwandeln, die sich um die Ebene ihres Rotationsäquators herum zusammendrängte.

War zuletzt der Schwung der äußersten, in dieser Ebene befindlichen Massentheile so stark geworden, daß er die Tendenz zum Mittelpunkte des Schwunges hin überwog, so mußte ein Theil dieser Masse sich ablösen, und zwar im einfachsten Falle eine den ganzen Umfang umfassende Zone, ein Ring. Dieser Ring nun rotirte für sich allein weiter und die Kluft zwischen ihm und der vereinigt bleibenden, sich weiter zusammenziehenden Masse ward fort und fort größer. Aber auch in diesem Ringe setzte die Contraction sich fort, nur in veränderten Richtungen. Im einfachsten, aber in der Wirklichkeit seltensten Falle einer ganz oder sehr nahe gleichen Dichtigkeit aller Theile dieser Ringmasse konnte ein bleibender Ring entstehen; gewöhnlich aber hatte ein Punkt oder eine Gegend des Ringes ein dynamisches Uebergewicht, oder ein derartiges Uebergewicht fand statt in mehreren einzelnen Punkten desselben: es mußte folglich eine Zerbrechung des Ringes eintreten und sich entweder seine ganze Masse allmählig um einen Punkt herum contrahiren, oder einzelne Stücke desselben gesonderte Contractionspunkte und Contractionssphären bilden. Was bis dahin als Rotationschwung eines Ringes bezeichnet werden konnte, war nun zur Umlaufzeit, zur Bahn eines (oder mehrerer) sich bildenden Planeten geworden.

In dieser Hypothese ist also der äußerste Planet der älteste. Bei Ablösung der folgenden Ringmasse war das Ganze schon dichter, die Rotationszeit kürzer geworden; die fortschreitende Contraction konnte nicht mehr so große Zwischenräume hervorbringen; die in späterer Zeit sich ablösenden Massen mußten kleinere, dichtere, näher zusammenstehende, rascher umlaufende Planeten hervorbringen.

Der bei weitem größte Theil der Masse (in unserm System $769/170$ des Ganzen) blieb unzertrennt und formte zuletzt eine Kugel, deren Rotation nach vollendeter Zusammensetzung dieselbe blieb, die Sonne. Aber Aehnliches, als vorher in der gesamten Urmasse, ging nun in den Partialmassen vor sich, die den Grundstoff der werdenden Planeten in sich enthielten. Eine auf ihr eigenes Centrum sich beziehende Rotation mußte gleich anfangs entstehen, schon wegen der gleich bei der Abtrennung sich manifestirenden Tendenz zur ungleichen Umlaufsbewegung, aber auch aus anderen Gründen, von denen früher schon die Rede war. Bei dieser Rotation und fortwährenden Zusammensetzung ging abermals ein Abtrennen von Ringen vor sich, natürlich beschränkt auf einen engeren Raum und unter Verhältnissen, in denen bereits mehr Bestimmtheit und Gleichmäßigkeit sich ausspricht. Weiter jedoch haben sich, in unserem Sonnensystem wenigstens, diese kosmischen Generationen nicht fortgesetzt, hauptsächlich wohl deshalb, weil in den abgetrennten Partialmassen, die den Stoff der Monde enthielten, die Rotations-tendenz eine zu schwache war, so daß sich ein Uebergewicht der dem Planeten zugewendeten Seite bildete. War dies aber einmal geschehen, so konnte eine freie Rotation nicht mehr entstehen, sie war zwar nicht der Richtung, wohl aber der Zeit nach genau an die Umlaufzeit geknüpft, und so mußte sich die ganze um das Mondcentrum herum befindliche Masse in einen Körper zusammenziehen, was auch bei den jüngeren Planeten schon größtentheils der Fall gewesen war, ohne daß eine solche gebundene Rotation bei ihnen stattfindet.

Ueberhaupt ist der Fall, daß ein einzelner Hauptkörper sich aus der abgetrennten Masse gebildet hat, in unserm Sonnensystem dreimal gegeben, bei Mars, Mercur und Venus.

Der Fall, daß sich um den einen Hauptkörper noch ein mehr oder weniger gegliedertes Partialsystem ausbildete, kommt viermal vor, bei der Erde, dem Jupiter, Saturn und Uranus.

Die Zertheilung des Ringes in mehrere kleinere Stücke läßt sich bei den Planetoiden voraussetzen, namentlich liegt für Ceres und Pallas die Vermuthung sehr nahe.

Endlich kommt der Ring als bleibende und sich consolidirende Form im Partialsysteme Saturns vor, wo sich nicht ein Ring, sondern ein System von Ringen gebildet, nachdem sich bei sieben früheren Abtrennungen, anfangs in langsamer, zuletzt in rascher Aufeinanderfolge einzelne Monde gebildet hatten.

So erklärt sich, warum die inneren Planeten im Allgemeinen dichter, kleiner, weniger abgeplattet als die entfernteren sind, warum alle von West nach Ost, und in nicht sehr abweichenden Richtungen sich um die Sonne bewegen, und auch die Rotationen diesem Gesetze folgen (die Uranustrabanten allein machen eine Ausnahme), warum endlich die Planetenbahnen sich so nahe dem Kreise anschließen.

Von allen diesen Bestimmungen nun paßt keine einzige auf die Kometen; höchstens könnte man die Kometen von kurzer Umlaufszeit, die sämmtlich direct sich bewegen und auch in Bezug auf ihre Neigung mit den vier kleinen Planeten in ohngefähr gleicher Kategorie stehen, hierher ziehen. Laplace wendet auch seine kosmogonetische Hypothese nicht auf die Kometen an. Eben so ist klar, daß auch die Sternschnuppenschwärme, möge nun ihre Verbindung unter einander beschaffen sein wie sie wolle, unter anderen Bedingungen als die oben angeführten sich gebildet haben müssen. Ueber beide mögen hier noch einige Bemerkungen folgen.

Die Laplace'sche Hypothese setzt eine Contraction voraus, welche gleichsam in's Unbegrenzte fortschreitet, da sie von

einer mehr als billionenfach geringeren Dichtigkeit der Urmasse ausgehen muß, um zuletzt die härtesten Steine und Metalle daraus niederzuschlagen. Will man nun nicht voraussetzen, daß alle Theile dieser Urmasse ohne Unterschied fähig gewesen seien, eine so ungeheure Verdichtung zu erdulden, so werden diese Theile entweder gleich anfangs bei der zuerst beginnenden Abtrennung, oder aber später in irgend einem Zeitpunkte sich von der übrigen Masse gänzlich ausgeschieden haben. Sie werden daher auch nicht nothwendig bloß aus der äquatorialen Gegend, sondern auch aus den den Polen derselben näher liegenden hervorgegangen sein, wodurch die verschiedensten Neigungen und Excentricitäten entstehen mußten; überhaupt aber die Veränderlichkeit ihrer Bahn, da im primitiven Zustande das Centrum der Hauptmasse noch nicht so überwiegend wirken konnte, viel größer als jetzt gedacht werden muß. Andere Massentheile mochten zwar fähig sein, eine so starke Zusammenziehung einzugehen, aber in weit langsamerem Fortschritt. Auch bei diesen war es nicht möglich, daß sie in die feste Substanz der Planeten und ihrer Monde eingehen konnten, es erfolgte dies vielmehr nur theilweise und sehr allmählig durch Niederschlagung an Isthern. Die Atmosphären der Planeten und die Photosphäre der Sonne deuten gleichfalls darauf hin, daß große ursprüngliche Verschiedenheiten, auch in chemischer Beziehung, innerhalb der Urmasse anzunehmen sind, daher es ganz begreiflich wird, weshalb nicht Alles auf gleiche Weise und in gleicher Zeitfolge sich consolidiren konnte.

Wegholdt hat den Versuch gemacht, auf Grundlage der Laplace'schen Hypothese die weitere Fortbildung unserer Erde insbesondere zu schildern und die geologischen Vorgänge, bis sie zu ihrer heutigen Gestalt gelangte, so darzustellen, daß sie als nothwendige Folgen jener allgemeinen kosmischen sich ergaben. So verdienstlich ein solcher

Versuch genannt werden muß, so dürfte es gleichwohl noch etwas zu früh sein, ein System aufstellen zu wollen, welches in strenger Folgerichtigkeit vom ersten Urzustande bis auf unsere Zeiten fortschreitet. Wenigstens kann die Verbindung (die in irgend einer Weise freilich stattfinden mußte) nicht so betrachtet werden, als hätten alle auf diese Weise gebildeten Weltkörper auch dieselbe Physiognomie im Einzelnen annehmen müssen und als sei z. B. die Selenologie im Wesentlichen identisch mit der Oologie, was durch den Anblick des Mondes widerlegt wird.

Hat sich unser Sonnensystem, wenigstens den Hauptbestandtheilen nach, auf die angegebene Weise ausgebildet, war vielleicht gar die Urmasse desselben selbst wieder nur der abgetrennte Theil eines größeren Ganzen, das viele, vielleicht alle uns sichtbaren Fixsterne umschloß, so dürfen wir auch annehmen, daß auch andere Fixsterne unter ähnlichen Bedingungen sich gebildet haben — vielleicht noch fortwährend bilden. In diesem Falle dürfen wir auch erwarten, daß eine Planeten-, Monden- und Kometenbegleitung nicht etwas unserer Sonne allein Eigenthümliches, sondern daß ähnliche Systeme auch noch manchen anderen Fixsternen zu Theil geworden seien. In dieser Ähnlichkeit aber eine allgemeine Conformität der Systeme erblicken zu wollen, erscheint mir zu gewagt, ja selbst unwahrscheinlich. Konnten im Sonnensystem sich mondlose Planeten neben mondenbegleiteten bilden, konnte eine so große Verschiedenheit der kosmischen Formen, als sie uns gegeben sind, trotz der Einheit und allgemeinen Verbreitung der Urmasse, Platz greifen, so wird noch viel weniger in anderen Systemen Alles eben so beschaffen sein, als bei dem unsrigen. Planetenlose und überhaupt unbegleitete Sonnen sind durchaus kein Widerspruch, eben so wenig als zwei oder mehrere um einander gegenseitig herumlaufende Sonnen, die nahe zu-

sammenstehen, die unläugbar am Himmel in großer Menge vorhanden sind. Jedenfalls wäre es eine zu beschränkte und der Gottheit wenig würdige Anschauungsweise, wenn man die Ordnung und Harmonie des Universums in einer vermeintlichen Uniformirung desselben suchen wollte.

Ein Gleiches dürfte in Beziehung auf die Nebelflecke gelten. Manche von ihnen — wir möchten insbesondere auf die sogenannten planetarischen in dieser Beziehung aufmerksam machen — können gar wohl im Bildungszustand begriffene Sonnen und Sonnensysteme sein — vielleicht auch gewesen sein, denn wir erblicken am Fixsternhimmel den gegenwärtigen Zustand nur in dem Falle, wo er identisch ist mit dem früheren, der um die Zeit des Lichts hinter uns liegt. Aber sicherlich gehören sie nicht alle hierher, wenigstens nicht als specielle Beispiele; viele, vielleicht die meisten von ihnen, sind entfernte Sonnenheere, uns nur wahrnehmbar durch ihren vereinigten Schimmer. Doch davon ein Mehreres in den folgenden Briefen.

XVIII.

Der Erdmond.

Kein Himmelskörper, die Sonne selbst nicht ausgenommen, hat die Aufmerksamkeit der Erdbewohner seit den ältesten Zeiten her in einem solchen Grade beschäftigt, keiner steht zu uns in einer so nahen Beziehung, keiner endlich bietet so bequeme Gelegenheit zur Erforschung seiner Eigenthümlichkeiten, als der Trabant unserer Erde. Der allgemeinen Ordnung nach in die Classe der Nebenplaneten gehörend, zeichnet er sich doch vor allen andern zum Sonnensy-

stern gehörenden in mehrfacher Hinsicht aus. Er ist der einzige Trabant seines Hauptplaneten, er steht ihm an Größe und Masse weit näher, als irgend ein anderer dem seinigen; die Lage seiner Bahn hängt nicht, wie bei fast allen übrigen, so gut als ganz vom Aequator des Hauptkörpers ab; endlich steht er zur Sonne in einem nähern eigenthümlichen Verhältniß, während die übrigen Trabanten sich ganz und gar auf ihren Hauptplaneten beziehen.

Man hat den Ausdruck Doppelstern für zwei gleichartige, selbstleuchtende, sich physisch um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegende Körper gebraucht; und analog dieser Bezeichnung könnte man die Erde mit ihrem Monde einen Doppelplaneten nennen. Betrachten wir ihn jetzt näher.

Er läuft — der einzige aller Himmelskörper — nicht scheinbar, sondern wirklich um die Erde, ein Punkt, worin die ältesten astronomischen Systeme mit den neueren in völliger Uebereinstimmung sich befinden; oder genauer gesprochen: um einen Schwerpunkt zwischen seinem und dem Erd-Mittelpunkte, welcher Schwerpunkt 219 Meilen unter der Erdoberfläche liegt; eine Tiefe die sich um 40 Meilen ins Plus oder Minus ändern kann. Um diesen Punkt läuft er (und die Erde) in einer elliptischen Bahn, deren Excentricität $\frac{1}{18}$ beträgt und deren kleine und große Ase sich wie 9985: 10,000 verhalten, in einem mittlern Abstände von 51,800 Meilen innerhalb 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten $11\frac{1}{2}$ Secunden einmal herum. Doch nicht nach dieser Periode richten sich seine allgemein bekannten Erscheinungen, sondern nach einer andern von 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten $2\frac{3}{4}$ Secunden, innerhalb welcher Zeit er wieder dieselbe Stellung gegen die Linie einnimmt, welche Erde und Sonne mit einander verbindet. Dies ist die Periode der Mondphasen, der älteste und allgemeinste Begriff des Zeitmaßes Monat.

Sein Abstand kann sich um etwa 3000 Meilen ändern,

daher es Punkte der Erddferne und Erdnähe giebt. Ferner liegt seine Bahn weder in der Ebene der Elliptik noch in der des Aequators; sie weicht vielmehr 5° bis $5^\circ 18'$ von jener und $18\frac{1}{4}^\circ$ bis $28\frac{3}{4}^\circ$ von dieser ab, daher es Knotenpunkte der Bahn giebt, unter denen besonders die Knoten mit der Elliptik zu merken sind.

Alle diese Bestimmungen sind starken und ziemlich schnellen Veränderungen unterworfen, doch schwanken diese Veränderungen stets um einen mittleren Zustand herum, auf den über kurz oder lang Alles wieder zurückkommt. Die Knotenpunkte z. B. wandern innerhalb 18 Jahren 218 Tagen 21 St. 22' 46" um den ganzen Himmel nach rückwärts herum; die Punkte der Erdnähe und Erddferne machen diesen Umlauf schon in 8 Jahren 310 Tagen 13 St. 48' 53".

Diese Veränderungen und eine große Anzahl andrer, von denen hier nicht die Rede sein kann, bewirkt die Sonne, welche den Lauf des Mondes um die Erde beträchtlich stört. Da nun die Bahn des Mondes, wegen seiner Nähe und directen Beziehung auf die Erde, von uns genauer als irgend eine andre wahrgenommen werden kann, so werden auch diese Störungen in den Beobachtungen merklich hervortreten, und der Berechner wird genöthigt sein, sehr genau auf sie einzugehen. Dieser Umstand und ihre an sich sehr complicirte Natur machen die Theorie der Mondbahn zu einer so außerordentlich schwierigen, und noch über hundert Jahr nach der Entdeckung des Newtonschen Gesetzes war man weit entfernt, damit im Reinen zu sein. Erst im gegenwärtigen Jahrhundert ist durch den vereinten Fleiß französischer und deutscher Astronomen und Mathematiker die Aufgabe zwar nicht als abgeschlossen, aber doch als soweit gelöst anzusehen, daß Fehler von 10 Secunden ($2\frac{1}{2}$ Meilen für die mittlere Entfernung des Mondes) nicht leicht mehr vorkommen, und Sonnen- und Mondfinsternisse mit einer Genauigkeit voraus

bestimmt werden können, die nur etwa eben so viele Zeitsecunden Ungewißheit noch zuläßt.

Der Mond ist eine Kugel, und von einer Abplattung derselben zeigen weder die Beobachtungen das Geringste, noch geht eine solche aus den theoretischen Untersuchungen hervor. Diese Kugel hat einen Durchmesser von $468\frac{1}{5}$ Meilen, einen Umfang von 1470, einen Oberflächeninhalt von 688,635 Quadratmeilen und einen körperlchen von $53\frac{7}{10}$ Millionen Cubikmeilen. Mit der Erde verglichen, verhält sich der Durchmesser des Mondes zum Erddurchmesser wie 100 zu 367, die Oberfläche des Mondes zur Erdoberfläche wie 100 zu 1345, endlich der körperlche Inhalt beider Kugeln wie 100 zu 4932.

Man kann den Durchmesser der Mondkugel mit einer Linie vergleichen, die man vom nördlichsten Punkte Europa's zum südlichsten zieht; ihren Umfang mit Asiens größter Länge; ihre gesammte Oberfläche mit der Amerika's; den sichtbaren Theil derselben mit dem russischen Reiche. Wollte man sich den Gesammtinhalt der Mondkugel rings um die Erde herum gleichförmig vertheilt denken, so würde sie die Oberfläche derselben 6 Meilen hoch bedecken.

Die scheinbare Größe des Mondes, in mittlerer Entfernung gesehen, ist $31' 3'' 9$ oder etwa $57''$ kleiner als die der Sonne. Sie kann sich bis $29' 22''$ vermindern und auf $33' 30''$ steigen; ja selbst auf $34''$ für diejenigen Erdbewohner, die ihn im Zenith haben.

Die Masse des Mondes steht zu der der Erde in einem ganz andern Verhältnisse als der Inhalt; sie ist nur $\frac{1}{81}$ der Erdmasse. Die $49\frac{1}{5}$ Mondkugeln also, welche zur Anfüllung eines der Erdkugel gleichen Raumes erforderlich wären, würden nur $\frac{49\frac{1}{5}}{81}$ des Gewichts der Erde haben, welcher Bruch etwa $\frac{3}{5}$ beträgt. Die Dichtigkeit des Mondes ist also,

mit der der Erde im Ganzen verglichen, $\frac{3}{5}$; mit der des Wassers verglichen, $3\frac{2}{5}$.

Man kann von diesen Zahlen, auch ohne die physische Natur des Mondes näher zu kennen, eine Anwendung auf die Fallhöhe und überhaupt auf die für die Mondoberfläche stattfindende Schwere machen. Man findet sie nemlich

$$= \frac{13,45}{81} \text{ oder sehr nahe } = \frac{1}{6} \text{ der Schwere an der Erd-}$$

oberfläche. Die Fallhöhe in der ersten Secunde ist also dort nicht 15, sondern nur $2\frac{1}{2}$ Fuß; die Länge des Pendels nicht 3, sondern nur $\frac{1}{2}$ Fuß. Soll die Geschwindigkeit des Fallens am Ende auf beiden Weltkörpern gleich sein, so muß der Körper auf dem Monde aus einer 6mal so großen Höhe herabfallen als hier. Wirft man einen Körper in die Höhe, und zwar mit der anfänglichen Geschwindigkeit von 90 Fuß per Secunde, so wird er auf der Erde 135, auf dem Monde 810 F. hoch fliegen, hier wird er nach 6, dort erst nach 36 Secunden wieder zur Oberfläche zurückfallen.

Der Mond bewegt sich um seine Ase, und zwar weil er der Erde stets dieselbe Seite zuwendet; wenn gleich Galilei und Kepler gesagt haben, er bewege sich eben deswegen nicht um seine Ase. Wenn ein Körper sich nicht um seine Ase bewegt, so wendet er einen bestimmten Punkt seiner Oberfläche auch immer derselben Himmelsgegend zu. Nun lasse man einen Menschen sich um einen Baum so herum bewegen, daß er dabei stets die Sonne betrachtet, so wird er dem Baume selbst nach und nach sein Gesicht, seine Seiten und seinen Rücken zugewendet und sich nicht um seine Ase gedreht haben. Zweitens möge eben derselbe sich so um den Baum bewegen, daß er stets den Baum im Auge behält, so wird er die Sonne bald vorn, bald rechts oder links, bald im Rücken gehabt und sich also um seine Ase gedreht haben, nur in der eigenthümlichen Weise,

daß die Zeit der Rotation mit der Zeit der Umdrehung genau zusammenfällt.

In diesem letztern Falle ist nun der Mond, nicht gänzlich, aber doch beinahe. Der Unterschied besteht darin, daß der Punkt, dem der Mond stets dieselbe Seite zuwendet, nicht genau die Erdoberfläche selbst, sondern ein andrer Punkt innerhalb der Bahn ist, der in der Nähe des zweiten Brennpunktes derselben, etwa 5700 Meilen von der Erde entfernt, liegt, auch nicht ganz unveränderlich ist. Die Rotation des Mondes ist also nicht, wie die der Planeten, eine freie, von der Bahnbewegung unabhängige, sondern gebunden an diese; und in Folge dieser gebundenen Rotation wendet er uns beinahe immer dieselbe Seite zu, so daß uns $\frac{3}{7}$ seiner Oberfläche beständig und auf ewige Zeiten hin unsichtbar, $\frac{2}{7}$ beständig sichtbar und endlich eine ringöberumlaufende Randzone von etwa $\frac{1}{7}$ der Gesamtoberfläche abwechselnd in ihren einzelnen Theilen sichtbar ist; das Mondbild also eine Schwankung (Libration) zeigt, eben so wie ein Perpendikel seinen Kreis um seinen Aufhängungspunkt herum beschreibt, sondern hin und her sich bewegt.

Wäre die Mondbahn ein Kreis, erlitt dieser Kreis keine Störungen, und fiel er mit der RotationsEbene des Mondes zusammen: so würde uns der Mond ganz genau stets dieselbe Seite zuwenden, also eine volle Hälfte beständig unsichtbar sein und jene Randzone ganz wegfallen.

Nicht durch directe Beobachtungen, sondern durch theoretische Untersuchungen hat sich ergeben, daß die Mondkugel eine gegen die Erde hin gerichtete Verlängerung haben müsse; eine Verlängerung, die indeß nur wenige hundert Fuß beträgt, und von der also nicht bloß die Erdbewohner, sondern wahrscheinlich selbst die Mondbewohner nichts unmittelbar wissen können. Ohnehin sind, wie wir weiterhin sehen werden, die physischen Unebenheiten der Mondkugel so

bedeutend, daß jene Ungleichheit dagegen als ganz unerheblich verschwinden muß.

Der Mondäquator ist nur $1^{\circ} 28'$ gegen die Ebene der Ekliptik geneigt. Daraus folgt, daß, was wir heiße und kalte Zone nennen, für den Mond kaum noch existirt; denn die Gegenden des Mondes, welche die Sonne senkrecht beschienen kann, liegen innerhalb einer nur 12 Meilen breiten Zone, und diejenigen, wo sie zu Zeiten nicht unter- oder nicht aufgeht, nehmen an jedem Pole nur etwa 110 Quadratmeilen, also kaum den 3000ten Theil der Halbkugel ein.

Tag und Nacht wechseln auf dem Monde mit jedem synodischen Umlaufe. Die mittlere Dauer eines Mondtages und eben so die einer Mondnacht ist 354 Stunden 22 Minuten. Die Ungleichheiten sind verhältnißmäßig sehr gering: erst in 80° Breite hat der längste Tag 371, der kürzeste $337\frac{2}{3}$ Stunden. An den Polen des Mondes steht die Sonne stets dem Horizont ganz nahe, und zwar 6 Monate (Tage) darüber, sechs darunter. Allein schon ein 1800 Fuß hoher Punkt am Pole ist hinreichend, um auf ihm die Sonne nie verschwinden zu sehen; und da die Gegenden, welche beide Pole umgeben, mit fünf- bis achtmal höheren Bergen besetzt sind, so glänzen diese Berge im ewigen Sonnenschein. Die von ihnen umschlossenen Thäler aber erhalten stets nur das reflectirte Sonnenlicht, liegen also in einer beständigen, wenig wechselnden Dämmerung und bekommen die Sonne selbst nie zu Gesicht.

Man kann diese ewig lichten Höhen, besonders am Südpol, ganz bequem von der Erde aus wahrnehmen und sich durch directe Anschauung von der Richtigkeit des hier Gesagten überzeugen. — Ueberhaupt bekommen die Berggipfel auf dem Monde, auch in nicht polaren Gegenden, den Sonnenschein 5, 10, ja 30 Stunden früher als die Thäler und Ebenen an ihrem Fuße, und vollends bleibt das Innere der Ring-

gebirge (die wir weiterhin kennen lernen werden) oft 100 Stunden lang noch beschattet, nachdem der Ball schon Sonnenlicht empfangen hat. Sehr viele und zwar beträchtlich ausgedehnte Strecken erhalten niemals Sonnenlicht, obgleich in unmittelbarer Nähe Alles davon beleuchtet ist. Auf unsrer Erde finden sich solche Gegenden höchstens nur in sehr engen und tiefen Gebirgsschluchten, auf dem untersten Grunde der norwegischen Fjörden u. s. w.

Auf der uns abgewandten Seite des Mondes sind alle Nächte gleich und zwar völlig dunkel; auf der uns zugewendeten sind sie alle vom Erdschein erleuchtet, und zwar $13\frac{1}{2}$ mal stärker als die Erde vom Monde. Ist die gewöhnliche Annahme, daß das Mondlicht $\frac{1}{90000}$ des Sonnenlichtes sei, so ist das Erdenlicht auf dem Monde $\frac{1}{6700}$.

Die Erde steht beständig in der gleichen Gegend des Himmels einer Mondlandschaft. Sie schwankt dort nur langsam hin und her, ähnlich wie uns die Mondflecke, und durchläuft ihre Phasen ganz in derselben Zeit und Ordnung, wie der Mond die seinigen für uns. Ist der Mond für uns neu, so ist die Erde für den Mond voll, ist bei uns erstes Viertel, so ist dort letztes Erdviertel u. s. w. In jeder Mondnacht wiederholen sich die Erdphasen auf ganz gleiche Weise, und so sind auch für die diesseitige Halbkugel alle Nächte einander gleich.

Ueber die Finsternisse haben wir bereits gesprochen; die übrigen Himmelserscheinungen sind für den Mond beständig dieselben wie für die Erde, nur daß die tägliche Bewegung 28mal langsamer als bei uns ist.

Dämmerung findet zwar in gewisser Art dort statt, jedoch nur während, nicht nach dem Sonnenuntergange oder vor dem Sonnenaufgange. Da dieser indeß dort über eine Stunde dauert (in den polaren Gegenden sogar viele Stunden), so ist sie ziemlich eben so lang als bei uns. So wie indeß der

letzte Strahl der Sonne verschwindet, geht sie rasch in Nacht über.

Von den vier Elementen, welche die alte Physik aufzählte, scheinen nicht weniger als drei dem Monde zu fehlen: wir treffen auf keine Spuren einer Luft, eines Wassers und eines Feuers, wie unsere Erde sie zeigt und selbst einem von ihr entfernten Beobachter zeigen muß. Es beweist dies zwar noch nicht geradezu deren absoluten Mangel; doch bleibt in keinem Fall eine Möglichkeit, den Mond in dieser Beziehung als einen der Erde ähnlichen Weltkörper zu betrachten. Hat er eine Luft, so muß diese so ungemein dünn sein, daß keines unsrer Erdeneschöpfe darin auszubauern vermöchte; sie könnte, wie Bessel gezeigt hat, nur etwa $\frac{1}{1000}$ der Dichtigkeit unsrer Luft haben; es liegt aber gar kein Beweis dafür vor, daß er auch selbst dieses $\frac{1}{1000}$ hätte. Wassersammlungen auf seiner Oberfläche, fließendes Wasser in Rinnalen kommen dort gleichfalls mit aller Bestimmtheit in Frage; ob es sich in irgend einer Form unter der Oberfläche finde, können wir nicht wissen. Feuer endlich ist durch den Mangel der Luft schon ausgeschlossen, in der Art wenigstens, wie wir es kennen.

Die ältern Astronomen, die bald nach Erfindung der Ferngläser den Mond betrachteten, fanden viel mehr Ähnlichkeit zwischen Erde und Mond. Sie hielten die großen grauen Flächentheile für Meere, die kleinern, schmutzig grauen und gelblichen für Sümpfe; auch von Flüssen glaubte man Spuren anzutreffen, wunderte sich wenigstens nicht über deren scheinbaren Mangel, da sie in der That eine tüchtige Breite hätten haben müssen, um mit den damaligen Werkzeugen wahrgenommen zu werden. Berge und Thäler endlich waren in größter Menge und Mannigfaltigkeit vorhanden, und unter erstern glaubte man sogar Vulkane in nicht geringer Anzahl und von gewaltiger Kraft zu erblicken. Nichts stand

im Wege, sich zu diesem Landschaftsgemälde die Menschen, Thiere und Pflanzen hinzuzudenken und überhaupt den Mond zu einer Copie der Erde, wenn nicht gar zu einer Colonie derselben zu machen. *) Zwar schrieb schon vor 200 Jahren Riccioli als Motto über seine Mondkarte: „nec homines ibi vivere, nec plantae crescere possunt“, aber man ließ sich dadurch wenig irre machen, und gab uns, theils im Scherz, theils im vollen Ernste, die ergößlichsten Schilderungen der Geschöpfe, die auf dem Monde anzutreffen wären, wozu von Zeit zu Zeit noch Vorschläge kamen, wenn nicht zu ihnen hin zu gelangen, doch wenigstens sich ihnen verständlich zu machen.

Dem tritt nun die neuere Ansicht so unerfreulich trocken und nüchtern entgegen, realisiert so gar nichts von den großen Erwartungen, die man sich in Rücksicht der zu entdeckenden Seleniten von den großen Teleskopen und Achromaten gemacht hatte, will selbst von einer Vergangenheit oder Zukunft, in der es menschlicher auf dem Monde hergegangen sei oder hergehen werde, nichts wissen, daß man sich nicht wundern darf, wenn Viele die liebgewordenen Phantasieen nicht fahren lassen können. Allein die Gründe, auf welche sich die Behauptung einer so wesentlichen Ungleichheit der Erde und des Mondes stützt, sind zu unabweisbar und zu bestimmt, als daß man zweifelhaft bleiben könnte. Der

*) Ein bekannter, phantasiereicher Schriftsteller unsrer Tage eröffnet den Erdbewohnern die angenehme Perspektive, daß der Mond einst auf unsere Erde herabstürzen und dem Drittel der Menschen, das aus dieser Katastrophe sich rettet, die überaus interessante persönliche Bekanntschaft der „Meneen“ verschaffen werde. Umgekehrt finden wir bei einigen Schriftstellern des 18. Jahrhunderts die Meinung, der Mond sei aus der Erde hervorgegangen und habe da gelegen, wo jetzt das stille Meer sei. Auf diese Weise würde er von Malaien bevölkert sein! Ohe jam satis! —

Umstand, daß wir die Mitte und den Rand des Mondes in völlig gleicher Deutlichkeit erblicken, ist nur dann erklärlich, wenn man annimmt, daß kein Lichtschwächen des Mediums um den Mond umgebe, und eben diese Schärfe des Randes, so wie das plötzliche und rechtzeitige Verschwinden und Wiederhervortreten der vom Monde bedeckten Fixsterne, spricht eben so bestimmt gegen eine strahlenbrechende Umhüllung. Nun ist aber sowohl unsre atmosphärische Luft als auch jede bekannte Gasart lichtschwächend und strahlenbrechend, und eben so der Wasserdampf, folglich umgiebt keine solche Gasart in irgend merklicher Quantität den Mond, und kein Wasser kann sich aus dem etwa doch vorhandenen niederschlagen.

Man kann aber noch weiter gehen. Selbst wenn Luft, Wasser und Feuer auf dem Monde wie auf der Erde vorhanden wären, es würden dennoch keine Menschen auf dem Monde leben können, und zwar schon allein wegen des gänzlich verschiedenen Verhältnisses der Schwere. Unsre Muskeln, unser ganzer Gliederbau sind für das hier bestehende Maß der Schwerkraft berechnet und für ein sechsmal geringeres eben sowohl als für ein beträchtlich größeres unpassend. Ein funfzehntätiges Wachen und beiläufig eben so langes Schlafen könnte für uns eben so wenig Sache der Gewöhnung, dauernde Lebensordnung werden. Und was von uns Menschen in dieser Beziehung gilt, dürfte auch für die meisten Thiere und Pflanzen stattfinden. Der Mond steht räumlich der Erde am nächsten; seiner eigenthümlichen Beschaffenheit nach aber weit von ihr entfernt. Bei weitem ähnlicher mögen die benachbarten Hauptplaneten, wie Venus und insbesondere Mars, unsrer Erde sein.

Damit soll aber nicht in Abrede gestellt werden, daß der Mond bewohnt sein könne. Die allgemeinen, allerdings mehr philosophischen als astronomischen Gründe, welche uns

in den fremden Weltkörpern überhaupt Wohnplätze für lebende Wesen erblicken lassen, behalten ihre volle Gültigkeit auch für den Mond. Nur begnüge man sich mit dieser Uezeugung und erwarte nicht, die Formen des individuellen Lebens, welche uns als die einzigen bekannt sind, überall im Weltsysteme realisiert zu sehen. Hat ja doch schon hier jedes Klima, jede Erdgegend eigenthümliche, ihrer besondern Stellung angemessene lebende und leblose Geschöpfe; warum soll nicht um so viel mehr jeder Weltkörper seine besonders organisierten Bewohner haben?

XIX.

Beschreibung der Erde und ihrer Bewohner von einem Mondbewohner.

Vorbemerkung.

Die Astronomie soll Wahrheiten lehren, und sie soll dies in ernster, würdiger Sprache. Sie soll den Himmel nicht zum Tummelplatz von Phantasieen machen und sich von allen der Wissenschaft fremden Tendenzen fern halten. Was indeß unsre Mutter Erde betrifft, so sind wir es schon gewohnt, auch in andrer Weise von ihren Begegnissen unterhalten zu werden, und so möge denn auch hier ein Capitel, „Dichtung und Wahrheit“ betitelt, seine Stelle finden.

Die hier folgende Beschreibung bildete den Gegenstand eines Vortrags, gehalten in einer öffentlichen Sitzung des kosmo-selenographischen Vereines auf dem Monde, in einem Ringgebirge unter 9° nördlicher Breite und 19½ östlicher Länge. Der Redner hatte eine Zeit lang die Erde besucht und erstattete über seine dort gemachten Erfahrungen Bericht.

„Hochgeehrte Herren Seleniten!“

„Sie haben mich aufgefordert, den gewaltigen über unsern Häuptern schwebenden Ball, der die Uhr unsrer Tage und die Sonne unsrer Nächte bildet, und den ich näher zu erforschen Gelegenheit hatte, zum Gegenstand meiner Rede zu wählen. Ich hoffe Ihren Wünschen zu entsprechen, werde mich aber an dieser Stelle kurz fassen müssen. Wir stehen bereits in der 220ten Stunde des heutigen Tages, mehrere wichtige Arbeiten sind noch in der gegenwärtigen Zusammenkunft zu erledigen und Viele von ihnen, deren Heimath in der Halbkugel der dunkeln Nächte liegt, wünschen gewiß diese noch zu erreichen und ihre Reise zu beendigen, bevor die Sonne Ihnen untergeht. Ich schweige deshalb von meiner Hin- und Rückreise, da ich nur über meinen dortigen Aufenthalt sprechen will, und bemerke nur, daß ich es viel schwerer fand von dort hierher, als von hier dorthin zu gelangen. Die Gewalt, mit der die Erde alles in ihren Bereich Rommen an sich reißt und festhält, leidet gar keine Vergleichung mit dem sanften Zuge, den wir von unserm Weltkörper gewohnt sind. Dieses gewaltige Anfschießen, welches der Planet ausübt, dürfte auch wohl für das eifrige Bestreben so vieler seiner Bewohner, gleichfalls Alles an sich zu reißen und nichts wieder fahren zu lassen, die beste Erklärung abgeben.

Daß ich mich auf der Erde behaglich und wohl befunden, kann ich nicht behaupten. Die größte Widerwärtigkeit war für mich die große Langsamkeit und Schwerfälligkeit aller Bewegungen und die Unmöglichkeit, viele derselben auszuführen, die hier ganz leicht und gefahrlos sind. Ein ganz mäßiger Sprung, wie wir ihn täglich machen, würde dort den Tod zur Folge haben, so schnell und heftig geschieht das Aufschlagen auf den Boden.

es sehr leicht sein, auf der Erde nach Belieben und in kurzer Zeit alle Gegenden zu besuchen, da der Boden weder sehr hart noch von irgend bedeutenden Unebenheiten bedeckt ist. Die Berge sind nicht häufig, und wenn auch einige wenige sich bis zur Höhe unsrer Berge erheben, so sind sie doch durchaus nicht steil, und ich bin auf manchen ziemlich hohen gewesen, die mir gar nicht wie Berge aussahen. Trotz dieses scheinbar so bequemen Terrains kostet es aber unsägliche Mühe, einen nur etwas bedeutenden Berg zu ersteigen, ja ich kann versichern, daß selbst Gefahr damit verbunden ist, und daß mir nicht wenige als unersteiglich — entschuldigend Sie das ungewohnte Wort, aber Sie werden noch mehrere dergleichen hören müssen — bezeichnet wurden.

Es wäre wahrlich auf der Erde kaum fortzukommen, wenn ihre Bewohner nicht bemüht gewesen wären, und sich fortwährend aufs Außerste bemühten, durch künstliche Veranstaltungen, die ihrem Scharfsinn alle Ehre machen, die notwendigen Bewegungen zu erleichtern und zu beschleunigen und die dort eigenthümlichen Hindernisse zu beseitigen, von denen ich später sprechen werde. Ich habe mir einige Modelle solcher Einrichtungen mit gebracht, obgleich wir keinen praktischen Gebrauch davon machen werden, da uns von der Natur selbst Besseres gewährt ist. Es sind dies ein Wagen, eine Dampfmaschine, ein Schiff, eine Brücke und eine Treppe. Dem technischen Comité werde ich diese Ihnen fremden Ausdrücke und Gegenstände zu erläutern suchen.

Zu demselben Zwecke haben sie bestimmte Richtungslinien ausgewählt, auf denen sie sich fortbewegen und die sie überhaupt selten verlassen. Auf diesen Linien ist der Boden künstlich geebnet, befestigt und auf sehr mannigfaltige Art zur Beförderung der Bewegung eingerichtet.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne eines wunderbaren Körpers zu gedenken, den ich auf der Oberfläche

der Erde mehr als irgend einen andern verbreitet fand. Sie sehen deutlich eine graue, gleichartige Färbung sich über den größten Theil der Erde verbreiten, und alle diese Theile bestehen ganz aus dem eben erwähnten Körper. Er hat gar keine bestimmte Form, ändert sie vielmehr in jedem Augenblick nach Umständen, ist so überaus weich, daß man ohne Widerstand hineingreifen, ja sich hineinbegeben kann. Auf ihm zu gehen ist ganz unmöglich, und in ihm sich fortzubewegen gefährlich; denn wird man ganz von ihm umgeben, so kann es den Tod zur Folge haben. Wo man ihn hinwirft bleibt er nicht liegen (es müßte denn eine Vertiefung da sein), sondern er läuft auseinander und ist dann kaum mehr widerzufinden. Da er fast nie in Ruhe ist, so hat er sich eigne vertiefte Wege gebahnt, die er anfüllt und in denen er sich fortzieht. Auch ist er durchsichtig und die Erdbewohner machen sehr mannigfaltigen Gebrauch von ihm, ja behaupten, er sei ihnen schlechterdings unentbehrlich und man könne da nicht leben, wo man ihn nicht finde. Ich muß der einstimmigen Versicherung der Erdbewohner in diesem Punkte Glauben schenken, so unbegreiflich mir und Ihnen die Sache auch sein mag.

Dieses „Wasser“ nun macht ganz eigene Einrichtungen nöthig, um nicht in der Fortbewegung durch dasselbe gehemmt zu werden, durch Hülfe dieser Einrichtungen aber ist es sehr leicht. Das Wasser verändert aber nicht bloß seinen Ort auf der Erde, sondern scheint auch theilweise gleichsam zu verschwinden, womit es aber wieder sein eignes Bewenden hat. Wenden Sie hinauf zur Erde, und Sie werden die Ihnen längst bekannten grauen Massen wahrnehmen, die auf ihrer Oberfläche herumziehen und noch viel veränderlicher sind, als die Sonnen- und Jupitersflecke. Diese Massen enthalten das scheinbar verschwundene Wasser, aber in ganz andrer Form. Es ist von der die Erde umgebenden Luft, deren Vorhanden-

empfangen und mit einer Sorgfalt und Mänglichkeit verwahrt werden, von der Sie sich keinen Begriff machen können. Nie habe ich auch nur den allerunbedeutendsten wirklichen Gebrauch davon machen sehen, und doch giebt man die nützlichsten und werthvollsten Dinge dafür mit stichtlicher Freude hin. Vielleicht gelingt es einem künftigen Erdreisenden, hinter das Geheimniß zu kommen.

Ich war schon beim Beginn meiner Reise darauf gefaßt, meine astronomischen Kenntnisse, mit Ausnahme der der Erde selbst, nicht eben durch sie vermehrt zu sehen, und so fand ich es denn auch. Allen Respekt vor ihren theoretischen Untersuchungen; mit ihrer praktischen Kenntniß des Universums aber steht es traurig aus. Wie könnte es aber auch anders sein. Ich habe dort viel von blauem, reinem, heiterm Himmel reden hören; gesehen habe ich ihn nie. Mir kam auch der „heiterste“ noch immer bleich und trüb vor; nirgend Licht und Schatten gehörig gesondert, Alles verschwimmt in einander, wird undeutlich und zitternd. Einen großen, vielleicht den größten Theil der Zeit hindurch ist nun vollends gar nichts am Himmel zu sehen; die grauen Massen bedecken Alles rings herum, man sieht nicht einmal die Sonne und doch nennen die Erdbewohner dies einen Tag! Es ist aber auch mit der Nacht meistens eben so beschaffen und selbst in den besten habe ich Gegenstände vergebens gesucht, die wir hier ohne Mühe sehen. Nur auf hohen Bergen — wo ich mich überhaupt der etwas weniger dicken und schweren Luft wegen stets am wohlsten befand, — gewinnt der Himmel in seltenen Fällen ein Ansehen, das ihn dem unsrigen näher bringt und etwas mehr vom Universum sehen läßt. Als ich die Erde verließ, waren meine Augen durch diese ewige graue Dämmerung so verwöhnt und geschwächt, daß es mir Mühe machte, wieder ein reineres Licht anzuschauen.

Und nun zu allem diesen noch die Kürze der Tage und

Nächte! Ich bin erst hier wieder recht zur Besinnung gekommen, denn auf der Erde hatte ich kaum begonnen, meine Gedanken zu ordnen, und mich auf einen Gegenstand vorzubereiten, so war auch der Tag schon vorüber. Nachts hatte ich einen Himmelskörper kaum recht ins Auge gefaßt, so ging auch schon wieder die Sonne auf. Namentlich in der kälteren Zeit (das Jahr theilt sich dort sehr merklich in eine warme und eine kalte Hälfte) war eigentlich gar nicht Tag und Nacht, sondern nur der Wechsel zwischen einer etwas helleren Dämmerung und einer etwas dunkleren. Ich gab es bald auf, dort den Himmel zu betrachten.

Unter solchen Umständen ist es denn eigentlich nicht der Erdbewohner Schuld, daß ihre Himmelskunde eine so dürftige und lückenhafte ist. Das Weltgesetz ist vor noch nicht 200 Jahren bei ihnen zuerst entdeckt worden. Von den 200 Jahren kennen sie 11, und zwar ist Uranus ihr letzter. Die Fixsterne erscheinen zu bleich und unruhig und ziehen so rasch vorüber, daß sich ihnen wenig abgewinnen läßt. Mit unserm Monde haben sie sich viel Mühe gegeben, freilich aber auch manche wunderliche Fabeln über ihn verbreitet. Eifrig fragten sie mich, wie die jenseitige Halbkugel aussehe. „Bleimlich eben so wie die diesseitige,“ entgegnete ich und konnte nicht unterlassen, ihnen zu zeigen, daß sie dies auch ohne mich hätten wissen können.

Aber auch ihren eignen Wohnort kennen sie schlecht, und es giebt Gegenden, wo noch Niemand gewesen ist, die noch Niemand gesehen hat. Seine beiden Pole zu erreichen, haben sie große Gefahren bestanden, ohne bis jetzt zum Ziele zu gelangen, während wir sie alle Tage ohne Mühe sehen. Weite Regionen, von denen wir längst ein vollständiges Bild besitzen, sind auf ihren Karten noch terra incognita.

Bei einem so unvollkommenen Zustande ihrer Kenntnisse von der Welt darf es nicht Wunder nehmen, wenn man

mitunter seltsamen Meinungen begegnet. So behaupten sie, Steine zu besitzen, die ihnen unser Mond zugeschickt habe. Man wollte wissen, daß sie aus den „Vulkanen“ des Mondes ausgeworfen und bis zu ihnen geslogen seien. Ich bat um eine Erklärung des mir unbekannten Gegenstandes und erfuhr, daß es Berge mit kraterähnlichen Oeffnungen seien, aus denen von Zeit zu Zeit heiße Massen aller Art, unter andern auch große Steine, ausgeworfen und mit großer Gewalt emporgeschleudert würden, und sie behaupteten, solche Vulkane im Monde gesehen zu haben. Jetzt ließ ich mir einen solchen von ihnen zeigen, und wie groß war meine Verwunderung, als sie gerade auf die Umwallung, in der wir uns jetzt befinden, hindeuteten! Sie nannten dies Ringgebirg Kopernicus nach einem ihrer Astronomen, und wollten die Ausbrüche selbst gesehen haben. Nun konnte ich doch nicht umhin, ihnen zu sagen, diese Landschaft sei eine so stille und friedliche, wie es kaum irgend eine auf ihrer ganzen Erde gebe. Was sie gesehen, dürfte nichts weiter gewesen sein, als der starke Reflex des Sonnen- oder Erdscheines von den großen gewölbten Wällen, und eben so möchte es sich auch mit den übrigen vermeintlichen Vulkanen verhalten, die unser Mond ihnen angeblich zeigt. Da nun gleichzeitig eine andre Meinung über den Ursprung dieser vom Himmel gefallenen Steine sich geltend machte, die — wahr oder nicht wahr — doch die Aufmerksamkeit von diesen „Mondvulkanen“ ablenkte, so war ich aus einer kritischen Lage befreit. Denn es liefen Erzählungen um, wonach Menschen von solchen Steinen erschlagen und mehrfacher Schade angerichtet worden war, und ich lief Gefahr, dafür verantwortlich gemacht zu werden. Wie wenig sie einander selbst schonten, hatte ich bei vielen Gelegenheiten zu meinem nicht geringen Erstaunen erfahren: wie hätte ich für mich auf Nachsicht rechnen dürfen!

Wir erblicken die Erde wechselweise um den einen

und den andern Pol herum in weißer Farbe, so oft uns ein Durchblick durch ihre dicke Lufthülle gestattet ist, und sehen deutlich, daß diese weißen Regionen in beständigem gegenseitigen Wachsen und Abnehmen begriffen sind. Diese Allen bekannten Thatsachen finden nun ihre lang erwartete Erklärung in jener vorhin bemerkten weißen flockigen Masse, die in ungeheurer Menge auf den Boden herabfällt. Während der kalten Jahreszeit — denn auf der Erde unterscheiden sich nicht bloß Tag und Nacht, sondern weit mehr noch Winter und Sommer — bleibt diese Masse liegen und häuft sich immer mehr an; sobald es wieder wärmer wird, löst sie sich auf und verschwindet vom Boden.

Aus den gleichen Ursachen erklären sich auch die Verschiedenheiten der Farbe, welche Sie an den meisten Gegenden der Erde bemerkt haben, nach den verschiedenen Jahreszeiten. Der Boden bringt dort in der wärmern Jahreszeit eine Menge Erzeugnisse hervor, die in der kalten wieder vergehen.

Die Astronomen unter Ihnen haben berichtet, daß sie zuweilen an einzelnen Stellen stark glänzende Punkte wahrgenommen, die bald darauf blässer wurden und wieder verschwanden. An einigen dieser Punkte ist die Erscheinung nur einmal, an andern wiederholt beobachtet worden. Auch davon kann ich Ihnen jetzt Rechenschaft geben. Hauptsächlich sind es zwei wesentlich verschiedene Vorgänge, die zu diesem Phänomen Veranlassung geben. Einestheils die früher erwähnten Vulkane, von denen nach der Behauptung mancher Erdbewohner unser Mond ganz voll sein soll, und die wir gleichwohl erst auf der Erde kennen lernen können. Das Feuer bricht dort, sobald es an die Luft tritt, in lichte Flammen von ungemeiner Stärke aus, und aus den Oeffnungen gewisser Berge kommen sie zu Zeiten mit solcher Heftigkeit hervor, daß selbst die daran gewöhnten Erdbewohner in Schrecken gerathen. Bei solchen Bergen wiederholt sich

die Erscheinung, wenn auch erst nach langen Jahren. Andre Lichtpunkte rühren zwar ebenfalls von solchen Flammen her, die aber nicht aus dem Innern der Berge kommen. Das Feuer ist auf der Erde ein sehr gefährlicher Gegenstand, mit dem man äußerst vorsichtig umgehen muß. Kommt es mit gewissen Dingen in Berührung, so breitet es sich aus und kann dann, besonders wenn es sich in den oben erwähnten umschlossenen Aufenthaltsräumen verbreitet, ungeheuern Schaden stiften und weit und breit Alles in kurzer Zeit zu Grunde richten.

Sie sehen hieraus, daß das Leben auf der Erde manche Gefahren bietet, von denen wir befreit sind und uns nur schwer einen Begriff machen können. Ich könnte noch Manches hinzufügen, was dazu dienen könnte, den Aufenthalt auf der Erde in einem weit ungünstigern Lichte erscheinen zu lassen, als unsre Dichter es sich träumen lassen, die nicht müde werden, die große, schöne, milde, friedliche Erde zu besingen und ihr sanftes Licht zu preisen. Doch ich mag ihnen die Freude nicht ganz und gar verderben und nicht unterlassen, zu bemerken, daß trotz aller von mir geschilderten Schwierigkeiten, Unbequemlichkeiten und Gefahren die Erdbewohner sich doch im Allgemeinen ganz wohl zu befinden scheinen. Ihr Körperbau, ihres Sinneswerkzeuge, ihre Gedanken und Empfindungen sind für einen solchen Aufenthaltsort eingerichtet, und sie würden gewiß, wenn sie jemals unsern Mond besuchten, sich hier eben so sehr oder in noch höherem Grade unbehaglich fühlen als wir auf der Erde. Wenn es dort wie hier sein sollte, wozu hätte es denn zweier getrennter Weltkörper bedurft? Sie könnten ja dann weit bequemer, und zu beiderseitigem Vortheil, einen einzigen ausmachen. Die Mannichfaltigkeit der Natur ist unerschöpflich und viel größer, als wir sie uns vorstellen. Gewiß eignet sich die Erde für ihre Bewohner, trotz der großen Verschiedenheit, eben so gut

als der Mond für uns, und als jeder Weltkörper für seine Insassen sich eignet.

So hoffe ich denn, hochverehrte Anwesende, Ihre früheren Ansichten über die große Erde in manchem wesentlichen Punkte berichtigt zu haben, wenn es mir auch bei der Fremdartigkeit des Gegenstandes oft an den geeigneten Ausdrücken gefehlt haben sollte, und meine Darstellung nothwendig eine unvollständige ist. Sie werden den gewaltigen Ball dort oben von jetzt ab mit andern Gefühlen betrachten als früher, und das Idyllische und Sentimentale wird vor der gar nicht sehr poetischen Wirklichkeit zurücktreten müssen. Aber Sie haben sich ja die Erforschung der Wahrheit zum Ziele gesetzt, und diese muß Ihnen über Alles gelten. Treuen Sie sich, meine Genossen dieser Halbkugel, noch recht lange und in froher Gesundheit des milden Lichts der, trotz aller ihrer Unvollkommenheiten und Seltsamkeiten, schönen Erde, und blicken Sie noch oft zu ihr hinauf. Ihnen aber, die in der Hemisphäre der dunkeln Nächte ihre Heimath finden und im Begriffe stehen, uns heut noch zu verlassen und heimzureisen, möge mein heutiger Vortrag Veranlassung werden, recht oft zu uns zurückzukehren, um sich mit uns eines Anblicks zu erfreuen, der Ihnen daheim versagt ist, und für ewige Zeit versagt bleiben wird."

XX.

Ueber die Mondgebirge.

Um einem möglichen Mißverstände, der wenigstens zu Anfang irre leiten könnte, gänzlich vorzubeugen, sei hier bemerkt, daß nicht die Montes lunae des Plinius im Innern

von Afrika, sondern die um 50,000 Meilen weiter entfernten unsern nächstlichen Trabanten gemeint sind. Von jenen wüßte ich, obgleich sie der Erde angehören, den Lesern wenig zu erzählen, und verweise sie wegen dieses Wenigen auf Bruce, Brown und Salt; von den letztern hat uns das Fernrohr eine Kenntniß verschafft, die, wenn sie auch in vielem Betracht eine einseitige genannt werden kann, doch dieselbe weit hinter sich zurückläßt, welche wir von vielen Gebirgen unserer Erde, und namentlich fast von allen des afrikanischen Continents besitzen.

Denn die Geographen, welche unsern Wohnort zu beschreiben haben, sind nicht so glücklich, wie die Annalographen auf dem Ringsysteme Saturns, die nur eine Höhe zu bestiegen und ihr Fernrohr zu wenden brauchen, um fast die ganze Ringfläche mit Einem Male zu überschauen und zu erforschen. Uns ist eine Kugelfläche zum Wohnort angewiesen, und bei Untersuchung derselben leistet uns das Fernrohr nur sehr beschränkte Dienste; wir müssen uns, sobald es sich nicht um sehr kleine Entfernungen handelt, in die zu erforschenden Gegenden persönlich hinbegeben, und dies ist, wie die Leser wissen werden, gar oft eine sehr mißliche Sache, daher man wünschen möchte, daß die Alten Recht behalten hätten, wenn sie die Erde zu einer Scheibe, noch dazu mit rings herum erhöhtem Rande, damit der Ocean nicht überlaufe, oder zu einer kurzen Säule machten. Dann könnten wir von den Bergen unsers Harzes und Riesengebirges aus den Chimborasso und Dhaulagiri messen, und uns nebenher das Vergnügen machen, durch Hülfe unsers guten Refractors dem Bombardement von St. Jean d'Acre oder der Eroberung der Insel Schusan zuzuschauen.

Allein die Erde ist leider eine Kugel, und deshalb müssen wir zu Reisebeschreibungen und Zeitungen unsre Zuflucht nehmen, die überdies beide nicht in dem Mufe der strengsten

Wahrhaftigkeit stehen. Unsere Fernröhre, für die wir auf der Erde, wenn wir die geodätischen Messungen ausnehmen, wenig wissenschaftliche Beschäftigung finden, richten wir gegen den Himmel und erforschen den Mond und die Planeten, die freilich ebenfalls Kugeln sind, von denen wir aber uns glücklicherweise in so bedeutender Entfernung befinden, daß dieser Umstand ihrer Ueberschaulichkeit kein Hinderniß in den Weg setzt. Glücklicherweise, sagte ich; denn stände der Mond z. B. 100 Meilen statt 50,000 Meilen entfernt, so möchten wir ihn zwar im Einzelnen weit genauer als jetzt kennen, aber auch wir würden ihm besser bekannt werden, und ob die Schauspiele, die wir ihm darböten, zur Vermehrung der Achtung beitragen würden, die er vor der Erde, seiner Herrin und Gebieterin, doch nothwendig haben muß — dies mögen meine Leser bedenken.

Freilich entbehren wir unsererseits auch das Vergnügen, mit den Seleniten nähere Bekanntschaft zu machen und ihren Beschäftigungen zuzuschauen, was gewiß im höchsten Grade interessant wäre. Wie es jetzt steht und auch wohl immer stehen wird, ordnet jeder Planet und Mond seine inneren Angelegenheiten selbst, keinem noch so mächtigen Nachbar kann es einfallen, zu interveniren, und wir sind aller der unangenehmen Verwickelungen überhoben, die ohne Zweifel daraus entstehen würden.

Desto ungestörter und unbefangener können wir uns der Betrachtung desselben überlassen, was die schaffende Natur im Großen darbietet, und von diesen allgemeinen und umfassenden Anschauungen ausgehend, können wir auch versuchen, die einzelnen Bildungen, die sich auf der Oberfläche der Weltkörper zeigen, etwas näher zu erforschen. Vorzugsweise aber sind es die Gebirge unseres Mondes, deren Ausdehnung, Gestalt, Gliederung und Höhe zu

erforschen auf sicherem Wege, freilich nur mit mäßiger Genauigkeit, uns gestattet ist.

Berge und Thäler auf dem Monde vermutheten schon die Alten, die ihr Auge nicht zu beiraffen verstanden. Schon die großen Unterschiede des Lichtreflexes der einzelnen Theile, die bei einer vollkommen glatten Kugel sich schwerlich so zeigen würden, mehr aber noch die Bemerkung, daß der innere Rand (die Lichtgrenze) des nicht voll erleuchteten Mondes keine so scharfe Abrundung als der äußere zeigt, mußten sie darauf führen. Gleichwohl begegnen wir neben dieser naturgemäßen Ansicht so wunderlichen und unbegreiflichen Meinungen, daß man zur Ehre der alten Philosophen glauben muß, sie seien nicht in dieser Gestalt von ihnen ausgegangen, sondern spätere Entstellungen unwissender Scholasten und Commentatoren.

Die Erfindung des Fernglases mußte sehr bald allen Zweifeln über diesen Gegenstand ein Ende machen. Alle wirklichen Beobachter des Mondes, von Galilei an sprechen aufs Entschiedenste von den Mondgebirgen, und wahrscheinlich ist Bettinus der Letzte, der an ihrer Existenz gezweifelt, und die nicht mehr zu läugnenden Beobachtungen von isolirten Lichtpunkten in der Nachtseite des Mondes auf andere Weise, durch bloße Verschiedenheiten in der Stärke der Lichtzurückwerfung, zu erklären versuchte. Schon Hevel vor fast 200 Jahren verzeichnete nicht allein die Mondberge, sondern unternahm auch, ihre Höhe zu bestimmen, und bedenkt man die große Unvollkommenheit der mechanischen und optischen Hülfsmittel seiner Zeit, so muß man gestehen, daß seine Resultate, die übrigens nur drei Berge des Mondes betreffen, noch gut genug mit den neueren, durch bessere Methoden und Hülfsmittel erhaltenen, übereinstimmen. Wir werden weiter unten auf seine Verfahrungsart zurückkommen.

Die Formen der Oberfläche, also ihre Gebirge und

Thäler, sind in der That fast das Einzige, was wir mit Sicherheit und in einer gewissen äußern Vollständigkeit von unserem Trabanten wahrnehmen können. Die verschiedenen Farben- und Lichttöne sind zwar ebenfalls Gegenstand unserer Beobachtung, allein ihre Deutung hat Schwierigkeiten, die wir wohl nie ganz zu heben im Stande sein werden. Noch mißlicher aber steht es mit den Beobachtungen, durch die man versucht hat, eine Mondatmosphäre, Wasserbedeckung, Vegetation, vulkanische Ausbrüche, Spuren von künstlichen Werken u. dergl. auf dem Monde nachzuweisen, wiewohl man eine lange Zeit hindurch die größte Aufmerksamkeit auf diese Gegenstände gerichtet hat, und ihnen auch auf die Spur gekommen zu sein glaubte. Wo wir bloß sehen, und zwar bloß von Außen, in so großer Ferne und noch überdies einseitig sehen, werden wir über die innere Beschaffenheit eines Gegenstandes zu keinem sichern Schlusse jemals gelangen; und man wird aus Beobachtungen dieser Art gewöhnlich Alles folgern können, was man will, sobald man gewisse Voraussetzungen macht. Ganz anders ist es mit dem, was wir zeichnen und messen können — mit den räumlichen Dimensionen und Formen der Mondgebirge.

Wohl giebt es großartigere Gegenstände an unserm Firmamente, und ein Nebelfleck, den wir in Myriaden Sonnen auflösen, führt zu erhabneren und umfassenderen Betrachtungen, als ein Berg oder Krater der Mondfläche; — aber einen schöneren Anblick, als diese letztere, im ersten oder letzten Viertel betrachtet, uns darbietet, sucht man vergebens am ganzen Himmel. Alles erscheint, wenn man ein gutes Fernrohr von hinreichender optischer Kraft anwendet, in einer so überraschenden, prachtvollen Deutlichkeit, und so bestimmt hervorgehoben, wie man es selbst bei terrestrischen Objecten nicht gewohnt ist, und das Schauspiel des Sonnen- Auf- und Unterganges über einem der größeren Gebirge unseres

Nachbarplaneten vermöchte selbst den, der an den Lehren der Astronomie sonst wenig Antheil nimmt, leicht eine Nacht hindurch ans Fernrohr zu fesseln.

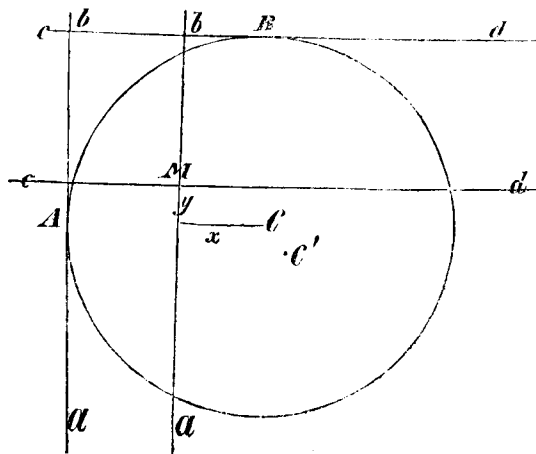
Ein sehr gewöhnlicher Irrthum derer, die sich darum bemühen, den Mond in einem großen Fernrohr betrachten zu können, besteht darin, daß sie die Vollmondzeit wählen, in der Meinung, dann Alles am vollständigsten zu sehen. Allerdings hat man alsdann die ganze uns zugewendete Hälfte der Mondoberfläche erleuchtet vor sich; aber das Bild, welches uns das Fernrohr von derselben giebt, ist wenig geeignet, die gewöhnlich sehr hoch gespannten Erwartungen zu befriedigen. Von dem Interessantesten und Lehrreichsten, den Gebirgsformen, - sieht man entweder nichts, oder das, was man sieht, ist undeutlich und unverständlich; denn die helleren und dunkleren Parthieen, die Lichtpunkte und Lichtstreifen, die man bemerkt, sind augenscheinlich keine auf Höhendifferenzen zu beziehenden Merkmale. Da man nun überdies bei einer auch nur mäßig starken Vergrößerung darauf verzichten muß, den ganzen Mond gleichzeitig zu sehen (man wird höchstens bis zu einer 40maligen Vergrößerung gehen können, wenn man seinen ganzen Umfang im Felde des Fernrohrs haben will), auch des Details so viel gesehen wird, daß man selbst nach einer jahrelang fortgesetzten Beschäftigung mit dem Monde noch immer genug bis dahin unbekannt Gebliebenes finden kann, so ist Niemandem, der nur ein oder wenige Mal den Mond auf diese Weise zu betrachten Gelegenheit hat, die Wahl des Vollmondes anzurathen, so wenig als man von einer schönen Erlandschaft den rechten Genuß haben wird, wenn man sie in hoher Mittagsbeleuchtung betrachtet, wo Alles Licht ist, und die angenehme Abwechselung, welche durch den Schattenwurf in einer Landschaft entsteht, entweder gänzlich mangelt, oder doch auf ein Kleinstes reducirt wird.

Die erste Quadratur, oder überhaupt der zunehmende Mond bis höchstens vier Tage nach dem ersten Viertel, an einem heitern und stillen Frühlingsabend betrachtet, ist das, was am Meisten lohnt und Niemand unbefriedigt lassen wird. Der abnehmende, besonders im Herbst, gewährt allerdings ein eben so schönes Bild, aber nur Mitternachts, folglich bei Weitem weniger bequem für den Besucher einer Sternwarte. Alsdann gewahrt man auf den ersten Blick eine unzählbare Menge von Gebirgen der verschiedensten Art und Form; und die scharfgezeichneten, pechschwarzen Schatzen, welche sie in die umliegenden Thäler werfen, und die sich fast unter den Augen des Beschauers verkürzen (oder bei abnehmendem Monde verlängern), die Tausende von Lichtpunkten und Lichtbögen in der Nachtseite hart am innern Rande des erleuchteten Theils, lehren den Mond in Einem Abend besser kennen, als ohne einen solchen Anblick die beste Karte, die deutlichste Beschreibung es vermöchte.

Vielleicht ist es für manche Leser nicht ohne Interesse, hier eine Uebersicht der Art und Weise zu geben, wie man die Gebirge des Mondes ihrer gegenseitigen Lage nach zeichnen und ihre Höhe bestimmen könne, bevor wir zu einer Beschreibung derselben übergehen.

Wenn der Mond uns wirklich genau stets dieselbe Seite zuwendete, so wäre die Arbeit, ihn bildlich darzustellen, bei Weitem weniger schwierig. Allein vermöge der sogenannten Libration sehen wir nach den Rändern hin bald etwas mehr, bald weniger, und die auf der Scheibe projectirten Gegenstände entfernen sich von der Mitte bald hier, bald dorthin. Bevor man also daran gehen kann, die einzelnen Gegenstände abzuzeichnen, muß man gewisse Hauptpunkte wiederholt messen, und ihre Lage nach selenographischer Länge und Breite aus diesen Messungen durch Rechnung ableiten. Die einfachste, obgleich vielleicht nicht unbedingt genaueste Art des Messens ist folgende:

Mit einem Fadenmikrometer (einer Vorrichtung, durch welche man zwei im Brennpunkte eines Fernrohrs parallel aufgespannte Fäden einander beliebig nähern und von einander entfernen, und die man zugleich durch Drehung der Fassung in jede beliebige Richtung bringen kann) bestimmt man den Abstand eines hinreichend scharfen Punktes auf der Mondfläche vom östlichsten oder westlichsten Punkte derselben in der Richtung des Parallels, und möglichst gleichzeitig auch den Abstand vom nördlichsten oder südlichsten Punkte in der Richtung des Meridians.



Es sei z. B. der Mondpunkt M zu messen, so stelle man die Fäden zuerst in die Richtung $a\ b$ des Meridians, und entferne sie so weit von einander, daß der eine durch M geht, der andere parallel den Mondrand A tangirt. Ein am Mikrometer befindlicher Maasstab und der eingetheilte Kopf der Schraube, mit welcher die Fäden verschoben werden, geben sodann die Entfernung der Fäden in Theilen,

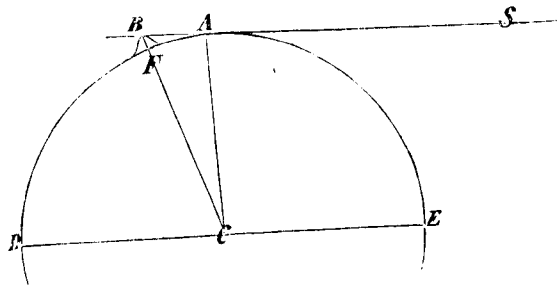
deren Werth (in Bogensekunden) man auf andere Weise bestimmt haben muß. Alsdann wendet man das Mikrometer um 90° , so daß beide Fäden in die Richtung $c\ d$ des Parallels zu stehen kommen, läßt abermals einen der Fäden über den Punkt M gehen, und verschiebt den andern so lange, bis er den Mondrand in B tangirt, worauf man wie vorhin die Entfernung der Fäden abliest. Kennt man nun den Mondhalbmesser $CA = CB$ entweder aus einer Ephemeride des Mondes, oder durch eine möglichst gleichseitige Messung des Durchmesser, so wird man auch leicht die Entfernung CM des Berges vom Mittelpunkte durch die beiden Coordinaten x und y erhalten, denn x ist gleich dem Mondhalbmesser CA , vermindert um die Distanz der Fäden in der Lage $a\ b$; y aber gleich dem Mondhalbmesser CB , vermindert um die Distanz der Fäden in der Lage $c\ d$. Setzt man nun untersuchen, wie weit die scheinbare (zur Zeit der Messung stattfindende) Mondmitte C von der wahren mittleren entfernt ist. Die letztere C' ist nemlich der Durchschnittspunkt des Aequators und desjenigen Meridians, der in mittlerer Libration der Erde zugewendet ist. Zu diesem Endzweck muß die Libration für den Moment der Beobachtung berechnet werden, und eben so der Winkel des Declinationskreises, der durch die Mondmitte geht, mit dem geographischen Mondbreitenkreise. Alsdann wird aus der Entfernung und Richtung der Punkte C und C' , so wie der C und M , die Entfernung und Richtung $C'M$ hergeleitet, und aus dieser Breite und Länge des Mondflecks. Die verschiedenen hierbei nöthigen Correctionen (z. B. wegen der Strahlenbrechung) anzuführen, hielt ich nicht für zweckmäßig, da derjenige, welcher Messungen und Rechnungen dieser Art wirklich ausführen oder auch nur speiell vergleichen will, doch genöthigt ist, die genauen Formeln zu studiren, die hier nicht entwickelt werden können.

Diese Länge und Breite wird, der unvermeidlichen Messungsfehler wegen, aus einer Messung nicht hinreichend genau gefunden werden; man wiederholt sie also mehreremal, berechnet jede einzeln, und nimmt zuletzt aus allen das Mittel. — Zu der Mondkarte, welche von 1834—36 erschien, und welche der Verfasser dieses Aufsatze in Gemeinschaft mit dem Geh. Rath W. Beer in Berlin bearbeitete, dienten 106 auf diese Weise bestimmte Punkte, die jeder durchschnittlich durch 9—10 Messungen abgeleitet wurden.

Die auf diese Weise berechneten Punkte trägt man sodann in das Gradnetz ein, welches man für die Verzeichnung der Karte entworfen hat, und verbindet sie durch Linien, wodurch Dreiecke entstehen, deren Seiten und Winkel sich leicht berechnen lassen und die nun zur Bestimmung einer größeren Zahl anderer Punkte dienen, die man von jenen Hauptpunkten aus, gleichfalls durch das Mikrometer, nach Distanz und Richtung bestimmt. Ist man auf diese Weise zu so kleinen Dreiecken gelangt, daß man das zwischenliegende Detail durch ein geübtes Augenmaaß, unterstützt von den Fäden des Mikrometers, die zum Alignement dienen können, einzutragen im Stande ist, so kann man an die Zeichnung gehen, wobei man aber Sorge tragen muß, jeden Gegenstand wiederholt und unter den verschiedensten Beleuchtungswinkeln bei zu- und abnehmendem Monde zu beobachten, so wie insbesondere diejenigen Flächenstriche, welche während der ersten Zeichnung vom Schatten eines Berges verdeckt waren, zu einer andern Zeit, wenn sie sich schattenfrei zeigen, nachzutragen.

Wenn man aber auch auf diesem Wege zu annäherungsweise richtigen Umrissen der Gebirge, so wie zur Bestimmung ihrer gegenseitigen Lage und Entfernung gelangt, so bleibt doch ihre Höhe, so wie der Grad und die Form ihrer Böschung, noch unbekannt.

Um die Höhe der einzelnen Punkte zu bestimmen, kann man zwei Methoden anwenden, die Hevel'sche oder die Methode der Richttangenten, und die Ober'sche, welche durch die Länge der Schatten die Höhe bestimmt. Die erste läßt sich folgendermaßen verdeutlichen:



Es sei D A E die uns zugewandte Mondhalbkugel, und zwar sei D A C der erleuchtete, C A E der unerleuchtete Theil derselben, so daß A C die Lichtgrenze vorstellt, und der Sonnenstrahl die Mondoberfläche in A berührt. Steht nun in B ein Berg, der sich um die Linie F B über das Niveau der umliegenden Gegend erhebt, so wird der Sonnenstrahl S A verlängert B treffen, und die Spitze des Berges erleuchten. Bemerkt man nun den Moment, wo der Berg in der Nachtseite eben erleuchtet zu werden beginnt, oder bei abnehmendem Monde so eben verschwindet, und mißt den Abstand B A des Berges von der Lichtgrenze, so wird $CB^2 = CA^2 + AB^2$, da nun C A der Mondradius ist, so ist C B bekannt, folglich auch C B — C F = F B oder die Höhe des Berges.

Hevel fand z. B. bei einem Berge in den Apenninen des Mondes $AB = \frac{1}{13}$ des Mondradius (durch Schätzung), woraus sich folgende Rechnung ergibt:

$$CA^2 + AB^2 = 1 + (1/13)^2 = 1^{1/169}$$

$$CB = \sqrt{1^{1/169}} = 1^{1/338}$$

$FB = 1^{1/338} - 1 = 1/338$ des Mondradius $= 234/338$
geogr. Meilen $= 2636$ Pariser Toisen.

Die Schwierigkeiten dieses Verfahrens sind nächst der Unbestimmtheit der Lichtgrenzen hauptsächlich die Ungewißheit, ob der betreffende Berg wirklich so eben den ersten oder letzten Lichtstrahl empfangt. Die Erleuchtung der letzten und feinsten Spitze, wenn der Berg nicht in seinen oberen Theilen eine sehr sanfte Böschung hat, wird schwerlich selbst mit den vollkommensten Ferngläsern noch wahrgenommen werden können, und man wird folglich die Höhe etwas zu klein finden. Der größte Nachtheil aber besteht in der Ungewißheit, welchen Gipfel man eigentlich gemessen habe, so wie in der sehr unregelmäßigen Form der Lichtgrenze.

Wir finden nicht, daß in dem Zeitraum von Hevel bis Schröter, gegen 140 Jahre, irgend ein Versuch gemacht worden wäre, die Höhe der Mondberge zu messen, so wie auch überhaupt die Kenntniß seiner Oberfläche in dieser langen Zeit nur wenig vorrückte. Man ließ es zwar nicht an Mondkarten fehlen, und fast jedes astronomische Lehrbuch enthielt eine dergleichen; allein fast alle waren Nachahmungen der Hevel'schen, und die wenigen Originalarbeiten jener Zeit, mit Ausnahme der Mondkarte von Tobias Mayer, waren ebenfalls nicht geeignet, Hevels Karte entbehrlich zu machen. — W. Herschel hat dem Monde nie besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und bei einigen Versuchen, nach der obenangegebenen Methode Punkte zu messen, erhielt er für 3 Mondberge Höhen zwischen 1 und 1 1/2 engl. Meilen (800 — 1200 Toisen); es läßt sich aber nicht genau bestimmen, welchen Berg er gemeint habe, da er nur den Quadranten angiebt, in welchem er ihn gesehen. — Seine anderweitigen umfassenden Arbeiten erlaubten ihm nicht, dem Monde

eine Reihe von Jahren zu widmen, und er war der Mann nicht, der sich mit flüchtigen Wahrnehmungen begnügt und diese als neue gewichtige Entdeckungen in die Welt geschickt hätte, wie es leider bei Vielen Sitte geworden zu sein scheint.

Als Schröter in Lillenthal den Entschluß faßte, dieses von Herschel freigelassene Feld zu bearbeiten und besonders auch die Mondgebirge zu messen und zu zeichnen, gab ihm Wilhelm Olbers eine Methode an, durch die Länge des Schattens auf die Höhe des Berges zu schließen. Schon auf unserer Erde können wir die Höhe eines senkrechten Stabes, einer Mauer und dergleichen durch die Länge des Schattens bestimmen, wenn wir diesen bis zum Fuße des Gegenstandes messen und sodann die Höhe der Sonne über dem Horizont in Rechnung ziehen. Ist die Fläche, auf welcher der Schatten sich projicirt, eine horizontale Ebene, so ist die Höhe eines Gegenstandes gleich der Länge seines Schattens multiplicirt mit der Tangente der Sonnenhöhe. Wir würden auch Berghöhen auf diese Weise bestimmen können, wenn es nur möglich wäre, bis an den Punkt zu gelangen, der in der horizontal gedachten Ebene senkrecht unter dem Gipfel des Berges liegt, oder eine Messung der Länge des Schattens von der Spitze des Berges in gerader Linie bis zum Endpunkte bequem ausgeführt werden könnte. Ueberdies sind die Schatten weit entfernter Gegenstände auf unserer Erde zu stark verwaschen und auch zu rasch veränderlich, und es stehen uns für unsern Wohnort andere Mittel zu Gebote, die ein genaueres Resultat zu geben geeignet, die uns aber beim Monde versagt sind. Dort sind vielmehr die Schatten, für unsern Anblick wenigstens, so gut als vollkommen scharf, und zeigen sich zugleich in einer so reinen und gleichförmig tiefen Schwärze, daß eine Messung derselben mit geeigneten Instrumenten nicht besonders schwierig erscheint.

Dagegen treten andere Umstände ein, welche die Berechnung verwickelter als in dem oben erwähnten einfachen Falle machen, und gleichzeitig die Sicherheit vermindern, welche man davon zu erwarten geneigt wäre. Es ist schwierig, genau zu bestimmen, wie hoch die Sonne über dem Horizont des Mondberges zur Zeit der Messung gestanden habe. Dazu wird entweder eine hinreichend scharfe Kenntniß der Länge und Breite des Berges in Bezug auf den Aequator und Meridian des Mondes, oder in Ermangelung derselben eine Messung seines Abstandes von der Lichtgrenze erfordert. Die bisherigen Mondkarten gewähren eine solche Sicherheit noch nicht, wenigstens nicht für alle Punkte, und die Messung des Abstandes von der Lichtgrenze ist wegen der Ungleichheiten der letztern nie so genau, als die der Länge des Schattens.

Der Beschauer muß ferner in Betracht ziehen, daß die Höhe der Sonne über dem Endpunkte eines Schattens eine andere ist, als die über dem Anfangspunkte, und daß, wenn nicht etwa der Berg und die Lichtgrenze der Hörnerlinie des Mondes (d. h. der die beiden Hörner verbindenden und durch die Mitte des Mondes gehenden) sehr nahe liegt, man nicht die Länge des Schattens und den Abstand selbst, sondern nur ihre verkürzten Projectionen messen kann.

Aber der Hauptmangel aller Höhenmessungen auf unserm Trabanten besteht darin, daß die gemessenen und berechneten Höhen keine absolute Bedeutung haben. Es fehlt auf dem Monde gänzlich an einem allgemeinen gleichförmigen Niveau, wie es auf unserer Erde durch den Meerespiegel gegeben ist, wenigstens haben wir kein Mittel, ein solches mit Sicherheit zu erkennen, selbst wenn es auf irgend eine Weise vorhanden sein sollte. Wir bestimmen Höhen über der See, und sind dadurch im Stande, die Höhen zweier Berge zu vergleichen, die an ganz entgegengesetzten Punkten der Erde liegen. Beim Monde dagegen sind wir darauf

beschränkt, bloße Höhenunterschiede zwischen dem Gipfel und dem Endpunkte des Schattens zu bestimmen, und können die Ungewißheit nicht heben, welche in der Unbekanntheit mit der Höhe dieses Endpunktes liegt. Wo derselbe in eine der großen weiten Ebenen fällt, die ein ziemlich gleichförmiges Niveau haben müssen, da die hindurchgehende Lichtgrenze sich meist als eine reine Eklipse zeigt, wird dieser Mangel weniger fühlbar; allein die meisten und wahrscheinlich höchsten Mondberge liegen in Gegenden, wo weit und breit keine solche Fläche zu haben ist, vielmehr zwischen den Bergen nur schroff abstürzende Tiefen gefunden werden.

Man könnte die Frage aufwerfen, bis zu welcher Höhe herab es noch möglich sei, auf dem Monde Berge zu messen. Nehmen wir an, daß ein Schatten noch deutlich erkennbar, folglich meßbar sei, wenn er nicht unter 3 Secunden lang ist und die Sonne mindestens noch $\frac{1}{2}$ Grad über dem Horizont des Berges steht; nehmen wir ferner den Berg als in der Mittelgegend des Mondes liegend an, so daß keine perspectivischen Verkürzungen stattfinden: so ergiebt die Rechnung für die mittlere Entfernung des Mondes beiläufig 20 Toisen oder 120 Fuß Höhe. Indes sind selbst Schatten von geringerer Ausdehnung und noch näher der Lichtgrenze im Allgemeinen wahrnehmbar, wenngleich nicht mehr eigentlich meßbar, und so kann eine aufmerksame Beobachtung uns Berge kennen lehren, die noch beträchtlich niedriger als 120 Fuß sind, und ihre Höhe wird sich wenigstens nach einer Schätzung angeben lassen.

Wollte man aber hieraus schließen, daß auch z. B. Bauwerke, die unsern Thürmen an Höhe gleich kämen, wahrgenommen und gemessen werden könnten, so würde man sehr irren. Der Schatten eines Gegenstandes, den wir erkennen sollen, muß nicht bloß die angegebene Längen-, sondern auch eine entsprechende Flächen-Ausdehnung haben. Versetzen wir

in Gedanken eins der kolossalsten Bauwerke, z. B. die Pyramide des Cheops von 450 Fuß Höhe und 700 Fuß Seitenlänge, auf den Mond, so wird ihr Schatten allerdings unter günstigen Umständen 9–10 Secunden Länge erreichen können, aber selbst am Anfangspunkte nur $\frac{1}{3}$ Secunde breit sein und so auch in den allerstärksten Vergrößerungen unsichtbar bleiben. Mit einer meilenlang fortlaufenden Mauer von der eben angegebenen Höhe könnte der Versuch gelingen, und die chinesische Mauer, wäre sie etwa dreimal höher, würde einen bei aufmerksamer Beobachtung noch wahrnehmbaren Gegenstand bilden, zwar nicht direct, aber durch den Schattenstreif bei unter- und aufgehender Sonne. Allein auch dann noch würde die Ungewißheit übrig bleiben, was man denn eigentlich gesehen habe. Der Schattenstreif lehrt uns die Länge und beiläufig die Höhe des Schattenwerfenden Object's kennen; ob aber dieses selbst nicht sichtbare Object ein Product der Natur oder der Kunst sei, das sagt er uns nicht, und wollen wir nach Analogien schließen, so werden wir in allen bisher vorgekommenen Fällen auf ein Naturwerk geführt.

Nicht ein einziges unserer Werke würden die Mondbewohner, wären sie in Bezug auf natürliche und künstliche Beobachtungswerke uns gleich gestellt, mit Entschiedenheit als ein solches erkennen und sicher zu deuten im Stande sein. An der Stelle unserer größten Städte erblicken sie entweder nichts oder ein unbestimmtes, verwaschenes Fleckchen, und hieraus wird man leicht beurtheilen können, was von den Mondstädten und Mondfestungen, die eine Zeit lang so großes Aufsehen machten, zu halten sei.

Kehren wir demnach zu unserem Hauptgegenstande zurück, und begnügen wir uns für jetzt, das deutlich Erkennbare in einer übersichtlichen Darstellung zu geben. Die Gebirge des Mondes sind von denen der Erde, ihrer Form

nach, wesentlich verschieden. Die letztere zeigt uns, als vorherrschenden Typus, Gebirgsketten in ein- oder mehrfacher Reihe, größtentheils mit Verzweigungen nach allen Seiten, durchschnitten von Längenthälern, aus denen sich Ströme ergießen.

Auf dem Monde finden wir zwar wohl auch Bergketten von verschiedener Längen- und Höhenstreckung, im Ganzen jedoch nur wenige und auch nicht besonders hohe, wenigstens nicht in den Gegenden, die wir genauer untersuchen können. In den Bergketten des Mondes ragt gewöhnlich ein einzelner Pik hoch über alle übrigen empor, so daß, mit ihm verglichen, fast alles Uebrige Gehügel ist. Wo sich etwas höhere und ausgebehntere Bergreihen zeigen, erscheinen sie als der schroff abstürzende Rand eines Hochlandes, und sind gegen das Tiefland hin meistens concav gekrümmt.

Auf der Erde ist der Fuß der höheren Gebirge gewöhnlich mit geringeren umsäumt und geht oft in mehreren Terrassen zum Tieflande über, so daß die sich hindurchwindenden Ströme ein Bett finden, in dem sie mit allmäliger, zum Ocean gerichteter Senkung fortfließen können. — Auf dem Monde dagegen fehlen die Zwischenformen fast ganz, oder zeigen sich doch nur in sehr beschränktem Maasstabe; mauertartig erhebt sich der Rand des Hochlandes über die Tiefebene, und gäbe es hier Gewässer, so müßten sie in fast beständigem Sturze durch schroffe Klüfte hindurch zum Tieflande gelangen und sich hier in der Ebene verbreiten, ohne ein eigentliches Rinnthal bilden zu können. Der Fuß der Gebirge setzt sich meist in sehr bestimmten Umrissen ab und ist in der Regel eben so steil oder noch steiler, als die höher liegenden Theile.

Die einzelnen, aus der Ebene sich erhebenden Berge, stehen auf der Erde meistens in einem, wenn auch geringen, gegenseitigen Zusammenhange, und können fast immer als die Glieder eines kleinen Gebirgssystems betrachtet werden.

oder als die Vorhöhen und Ausläufer größerer benachbarter Gebirge. — Auf dem Monde findet sich weit häufiger Isolation und man sieht oft Hunderte von Hügeln und kleinen Bergen auf einem verhältnismäßig kleinen Raume, zwischen denen entweder gar kein oder ein uns nicht mehr wahrnehmbarer Zusammenhang stattfindet.

Auf dem Monde zeigen sich in den dunkleren Ebenen eine große Menge langer, wenig gekrümmter, sehr flacher Höhenzüge, die oft von einer so geringen Höhe sind, daß es der günstigsten Umstände zu ihrer Erkennung bedarf, und die demnach wohl noch nicht 100 Fuß Höhe haben, wie wohl andere vorkommen, die bei einer Breite von einer oder einigen Meilen sich 300, 500 und selbst 1000 Fuß erheben. Fast nie stehen sie aber mit den größern und höhern Gebirgen im Zusammenhange, selbst wenn sie sehr nahe parallel daneben hinstreichen, und nicht allein die weit geringere Höhe, sondern ihr ganzes Verhalten unterscheidet sie von diesen.

Auf unserer Erde fehlt diese Form wohl auch nicht, und in einzelnen Gegenden derselben scheint sie sogar ziemlich häufig zu sein; auch würden wir sie vielleicht öfter wahrnehmen, wenn wir die Erde im Großen und Ganzen überschauen könnten. Allein gleichwohl besteht eine bedeutende Verschiedenheit zwischen den Landrücken und Hügelketten der Erde und denen des Mondes, besonders in Bezug auf die Thalbildungen. Die Landrücken der Erde sind gewöhnlich breiter als die zwischenliegenden Thäler, was auf dem Monde umgekehrt ist.

Wenn es indeß bei diesen Unterschieden doch meistens nur auf eine Mehr oder Weniger hinausläuft, während auf der Erde selbst es an ähnlichen Gegensätzen auch nicht fehlt (man vergleiche z. B. die Oberflächenbildung Neuholands mit der Griechenlands oder einer andern europäischen Halb-

insel), so könnte es scheinen, als sei der Unterschied doch nicht so sehr groß und vielleicht zum Theil bloß subjectiv, da der Standpunkt für unsere Anschauung ein so sehr verschiedenes Verhältniß gegen die beiden Weltkörper zeigt. Allein die Formen, von denen wir sogleich sprechen werden, sind geeignet, das Gegentheil darzuthun. Der Mond zeigt nemlich als allgemeinsten Typus seiner Gebirgsformen den Kreis, und zwar dergestalt vorherrschend, daß, wenn wir alle dieser Kategorie angehörenden Formen, größere und kleinere, vom Monde hinwegnehmen wollten, kein Zwanzigstel desselben gebirgig bleiben würde, während jetzt reichlich die Hälfte mit Gebirgen besetzt und zum Theil ganz angefüllt ist. Bei Weitem in den meisten Fällen dieser Art ist der Kreis geschlossen, d. h. ein ringförmiger Wall umschließt eine runde Vertiefung. Diese Form findet sich auf dem Monde in allen Gegenden, theils vorherrschend, theils ausschließlich, so wie in allen nur denkbaren Größen- und Höhenverhältnissen. Zu den kolossalsten Bildungen dieser Art gehören die meisten der schon dem bloßen Auge sichtbaren grauen Ebenen, die in einem weiten Kreise von Gebirgen umschlossen werden, nur daß letztere gewöhnlich nicht rings herum zusammenhängen, sondern breite Thore offen lassen. So ist das Mare Serenitatis von etwa 5700 Quadratmeilen Oberfläche und 80—90 Meilen Durchmesser von den Gebirgen des Taurus, Haemus, Apennin und Caucasus*) umgeben, und verbindet man die drei Öffnungen zwischen diesen Gebirgen durch kleine Bögen, so ist das Ganze ein geschlossener Kreis, an dem jetzt in Allem etwa $\frac{1}{3}$ fehlt. Das benachbarte Mare Imbrium ist eine fast dreimal so große Fläche, allein auch hier, obgleich die ganze

*) Den Bergketten des Mondes hat man Namen von Erdgebirgen gegeben; die eigentlichen Ringgebirge haben größtentheils Namen berühmter Gelehrten erhalten.

östliche Seite offen ist und auch an zwei andern Stellen sich ein Zusammenhang mit andern ähnlichen Flächen zeigt, kann doch die kreisförmige Begrenzung nicht verkannt werden. Das Mare Crisium, 3100 Quadratmeilen groß, so wie das etwas kleinere Mare Humorum sind noch vollständiger durch einen Kreis von Gebirgen abgeschlossen; eben so das Humboldt'sche Meer in den nordwestlichen Randgegenden. Das Mare Nectaris hängt nur im Norden durch einen breiten Arm mit dem benachbarten Mare Tranquillitatis zusammen, $\frac{7}{8}$ des Umfangs dagegen sind im großen Bogen von höhern und niedrigeren Gebirgen umschlossen.

Indeß ist hier die Kreisform, wenigleich im Allgemeinen unverkennbar, doch von einer im Ganzen geringen Regelmäßigkeit und Symmetrie; namentlich aber sind die Gebirge, welche die innere Fläche umgeben, von der allerverschiedensten Gestalt und Höhe. Berge von 10—12,000 Fuß stehen neben andern von 4—500, und eben so verschieden sind die Böschungswinkel und Streichungslinien der einzelnen Rücken. Mehrere dieser Mareflächen zeigen große offene Buchten, die selbst wieder die Kreisform zu $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ des Umfangs reproduciren, so Fracastor, der südliche Busen des Mare Nectaris; Le Mounier, der westlichste des Mare Serenitatis; vor Allem der prächtige Sinus Iridum, ein kolossales Amphitheater, das sich gegen das Mare Imbrium öffnet.

Die nächste Stufe nach diesen Mareflächen, wenn man die räumlichen Verhältnisse als Stufenleiter setzt, sind die von Schumann sogenannten Wallebenen, von denen die größten gegen 1000 Quadratmeilen enthalten. Eine nur von sanften Wellen unterbrochene, zuweilen jedoch auch in der Mitte mit einzelnen Bergen besetzte Ebene ist von einem zusammenhängenden Walle umschlossen, der jedoch noch ziemlich starke Abweichungen von der Kreisform zeigt, auch an Höhe und Gliederung sehr verschieden ist, beides jedoch schon

in geringerem Maaße als bei den Mareflächen. Mehrere jedoch zeigen schon eine große Regelmäßigkeit und Uebereinstimmung. An einigen Stellen bilden sich zusammenhängende Reihen dieser Wallebenen, allein stets in Meridianrichtung, in der des Parallels liegen höchstens zwei neben einander. Drei solcher Reihen zeigen sich auf der Mitte vom Aequator bis zu 40° südlicher Breite hinauf, unter dem 60° der östlichen und unter dem 60° der westlichen Länge, hinter denen in 85° östlicher und westlicher Länge noch andere zu ziehen scheinen.

Mehrere dieser Wallebenen sind zwar sehr groß, aber als solche kaum erkennbar, da das umgebende Gebirg zu wenig Höhe und Steilheit und zu schwachen Zusammenhang zeigt. So findet man an der Stelle des Hipparch bei etwas hoher Beleuchtung mehrere isolirt erscheinende Gebirge von sehr verschiedener Höhe und Gestalt, zwischen ihnen eine Menge einzelner Ringflächen u. dergl. so daß man keine Einheit des Ganzen bemerkt. Rückt aber die Lichtgrenze näher heran, so ist der Zusammenhang und die kreisförmige Bildung des Ganzen sogleich erkennbar, denn in sehr schräger Beleuchtung heben sich auch die schwächeren Gebirge noch deutlich hervor und lassen sich rings herum verfolgen. Andere haben das Ansehen, als hätte früher ein Zusammenhang bestanden, sei aber in der Folge durch andere Bildungen unterbrochen worden, so daß man sich des Gedankens nicht erwehren kann, die Trümmer einer alten Wallebene vor Augen zu haben. Man kann den Kreis noch in Gedanken aus seinen Bruchstücken zusammensetzen und beiläufig die Arealgröße bestimmen, die dem Ganzen zukäme, wenn es noch ein solches wäre. Eben so findet man in den Ebenen zuweilen ganz niedrige Rücken, die sich kreisförmig abschließen, nirgends zu einer etwas bedeutenden Höhe ansteigen und deshalb ihrer Größe ungeachtet schwer erkennbar sind. Sie

sehen gleichsam wie ein erster Entwurf, eine Vorzeichnung aus. Ein merkwürdiges Gebilde dieser Art steht westlich neben einer Wallebene, die den Namen Hevel führt. Es lehnt sich an diese, ist von nahe gleichem Umfange und Gestalt, selbst bis auf die Abnormitäten der Figur, nur der Wall mindestens zwanzigmal niedriger als der Hevels.

Von weit bestimmterem Gepräge zeigen sich die der Größe nach auf der dritten Stufe stehenden kreisförmigen Bildungen, die eigentlichen Ringgebirge. Diese sind fast immer völlig geschlossen, und zugleich hat der kreisförmige Wall rings herum nahe gleiche Kammhöhe, gleiche Breite des Fußes u. s. w., so daß augenscheinlich die Regelmäßigkeit der Bildungsformen in umgekehrtem Verhältnisse mit ihrer Größe steht. Der Raum, welchen sie umschließen, ist beträchtlich vertieft, so daß er weit unter dem Niveau der äußern Ebene (wenn eine solche vorhanden ist) steht; in einigen Fällen geht diese Differenz auf 10—12,000 Fuß. Eine fast nothwendige Folge dieses Verhältnisses ist nun, daß die umgebenden Ringgebirge von außen her nur mäßig und mit sanfter Böschung ansteigen, nach innen aber sehr schroff abstürzen und oft einen mauerähnlichen Damm bilden. In vielen Fällen jedoch zeigen sich unten am innern Fuße des Hauptwalles ein- oder mehrfache Terrassen von geringerer Steilheit, wodurch das Ganze eine concave Form erhält. Der innere, oft sehr enge Raum, den diese Terrassen frei lassen, ist nun entweder eben, oder es erhebt sich in seiner Mitte noch ein kleiner isolirter Berg (Centralberg) wie eine Narbe. Zuweilen, namentlich in größeren Ringgebirgen und Wallebenen, zeigt sich statt des einfachen Centralberges ein kleines Massengebirg mit mehreren Köpfen, oder auch eine kleine Bergkette; sehr selten aber sind die Fälle, wo diese auf den Mittelpunkt des Ganzen sich beziehenden Gebirge irgend einen Zusammenhang mit dem System der Peripherie

haben, wiewohl es äußerst schwer fällt, namentlich in den kleineren Ringgebirgen, hierüber mit Sicherheit zu entscheiden. Die Tiefe, den Centralberg mit inbegriffen, ist nemlich noch lange Zeit mit nächtlichem Schatten bedeckt, wenn die Sonne schon den Wall rings herum bescheint und die ganze umliegende Gegend erleuchtet; endlich hebt sich der Centralberg mit seiner Spitze als feines Lichtpünktchen aus der Nacht heraus, nach und nach wird auch sein Fuß frei und man erblickt die Terrassen des Walles. Alsdann aber steht die Sonne schon so hoch, daß sanfte Höhenrücken keinen Schatten mehr geben können, folglich nur dann zu unterscheiden sind, wenn sie sich durch ihre Färbung hervorheben.

Den höchsten Centralberg, so weit die bisherigen Messungen reichen, zeigt das Ringgebirg Moretus; er ist länglicht, von kleineren Hügeln umgeben, und erhebt sich 6040 Fuß über seine nächste Umgebung. Da aber der Wall im Osten sich 8650 Fuß, im Westen, wo Hochgipfel auf ihm stehen, sogar 14,260 Fuß über diese Tiefe emporhebt, so bleibt selbst dieser höchste Centralberg noch weit unter dem Niveau des Walles.

Für den Tycho, ein Ringgebirg von $11\frac{3}{4}$ Meilen Durchmesser, finden sich folgende Verhältnisse:

Ueber der Tiefe

Oestlicher Rand . .	15,055 Fuß.
Westlicher Rand . .	16,050 "
Westliche Terrassen .	4290 "
Centralberg . . .	4680 "

Bei Theophilus, $13\frac{5}{6}$ Meilen im Durchmesser haltend, fand sich:

Höchster östlicher Wallgipfel .	14,940 Fuß.
Zweiter Gipfel	13,440 "
Höchster westlicher Wallgipfel	17,114 "

Zweiter Gipfel 16,110 Fuß.

Centralberg 4860 "

Für Petavius, dessen Inneres beulenförmig aufgetrieben ist, fand sich aus mehreren Messungen:

Westlicher Wall 10,174 Fuß.

Centralberg, höchster Gipfel 5250 "

— zweiter Gipfel 3528 " } über d. Scale.

Höhe der Beule beiläufig 700 "

Die angeführten Beispiele gehören zu denen, wo sowohl das Central- als das Ringgebirg eine sehr große Höhe erreicht. Oft findet sich indeß bei sehr hohem Walle doch ein äußerst niedriger und unscheinbarer Centralberg; der umgekehrte Fall kommt gar nicht vor, und in keinem einzigen Falle erreicht der Centralberg die Kammhöhe des Walles.

Nach bei kleineren Ringgebirgen von nur 3—5 Meilen Durchmesser zeigen sich doch oft Unterschiede von 6—8000 Fuß zwischen dem Walle und der Tiefe, aber selten von 3000 Fuß zwischen dem Walle und der äußern Ebene. Die Centralberge sind bei diesen Ringgebirgen von geringerem Durchmesser stets sehr klein, oft fehlen sie ganz oder können nicht bemerkt werden. Dies ist besonders der Fall in den dunkelgrauen Ringflächen, welche eine gleichmäßige Farbe und eine tafelförmige Ebene darbieten, und bei denen bis jetzt nur in wenigen eine schwache Spur einer centralen Erhöhung gefunden worden ist.

Die Ringgebirge liegen zum Theil in freien Ebenen und alsdann sind sie fast immer sehr regelmäßig gestaltet; oder in gebirgigen Gegenden dichter zusammen, in welchem Falle die Regelmäßigkeit meistens geringer ausfällt, da gleichsam ein Ringgebirg das andere verdrängt. Nicht selten liegen sie in Wallebenen, oder an und auf dem Walle selbst, den sie gleichsam durchbrochen haben. So liegt ein Ringgebirg in der Fläche des Hipparch und zwei von etwa 4 Meilen Durch-

messer im S. an einer Stelle, wo der Wall des Hipparch ziehen sollte. Das Ringgebirg Herschel fällt ebenso mit dem Walle des Ptolemäus zusammen. Conon liegt mitten im Hochgebirg des Apennin, Callippus in dem des Caucasus; Eratosthenes bildet gleichsam den Schlußstein des Apenninen-Gebirgs, und Plato, mit einer Seite an das Mare Imbrium grenzend, ist auf den übrigen von Hügelland umgeben. Besonders im südwestlichen Theile des Mondes sind die Ringgebirge sehr häufig, und hier liegen sie fast alle in Reihen oder großen Hägen gruppiert, wobei zugleich die solchergestalt zusammengehörenden einander an Größe und sonstigem Verhalten sehr ähnlich sind.

Es ist bereits oben erwähnt, daß die Höhe des Ringgebirgs über der äußern Umgebung gewöhnlich nur gering im Verhältniß zur innern Tiefe ist, 3—4000 Fuß Höhe im Verhältniß zur innern Tiefe ist, 3—4000 Fuß Höhe nach Außen ist schon viel, und man findet Wälle, die nach Innen 10,000, nach Außen kaum 2000 Fuß absinken. Doch kommen einige vor, in denen das Innere mit der äußern Fläche beiläufig gleich liegt. Der schmale Wall des Cassini z. B. liegt 4100 Fuß über der innern und 3870 Fuß über der äußern Fläche, eine zu geringe Differenz, um verbürgt werden zu können, und in ähnlichem Falle sind viele derjenigen Ringgebirge, die sich nur einige hundert bis tausend Fuß erheben, besonders wenn ihr Umfang etwas beträchtlich ist.

Bei andern dagegen scheint ein Abhang nach Außen ganz zu fehlen, so daß sie gar nicht als Gebirge betrachtet werden können, sondern die Tiefe ein bloßes Loch ist, das, ausgefüllt, mit dem Niveau der Ebene zusammenfallen würde. Es läßt sich freilich schwer entscheiden, ob dies irgendwo in aller Strenge stattfindet, oder der Abhang nur zu unbedeutend sei, um uns bemerkbar werden zu können. Von dieser Art scheinen Sauricus, Ciclus und einige andere derselben Gegend zu sein.

Kurze Ausläufer ziehen an mehreren Ringgebirgen nach verschiedenen Seiten hin, bedeutende Gebirgsketten dagegen nehmen nie auf diese Weise ihren Ursprung, im Gegentheil ziehen diese oft an Ringgebirgen ganz dicht vorbei, ohne mit ihnen zusammen zu hängen. So liegt ein mittelgroßes Ringgebirg dem Hauptzuge der Pyrenäen so nahe, daß nur ein Zwischenraum von $\frac{1}{2}$ Meile bleibt; gleichwohl ist das enge Thal, das sich zwischen beiden Gebirgen bildet, überall offen.

Von andern ziehen Lichtstreifen über die Umgegend hin und umgeben das Ringgebirg, im Vollmonde betrachtet, mit einem Nimbus von Strahlen, die in einzelnen Fällen sich über 100 Meilen fortziehen. Im Vollmonde sieht man in den hellern Gegenden beinahe nichts als diese Strahlen und zwischen ihnen Lichtpunkte. In schräger Beleuchtung verschwinden die Strahlen, und die Berge, welche an ihrer Stelle sichtbar werden, haben der Form nach gar nichts mit ihnen gemein; einige der breitem und hellern Strahlen können noch einigermaßen wahrgenommen werden, wenn man die Berge schon sieht, und man kann sich dann leicht überzeugen, daß sie außer aller Beziehung zu diesen stehen. Ueberhaupt aber muß man sich hüten, von der größeren Helligkeit einer Gegend sofort auf größere Höhen zu schließen. Wie bereits bemerkt, ist der Vollmond gar nicht diejenige Lichtgestalt, wo man sich über die Gebirgsformen des Mondes belehren kann; nur allein die Licht- und Farbenverhältnisse treten dann deutlicher hervor und können unabhängig von den Gebirgen dargestellt werden.

Auf den frühern Mondkarten ist viel Verwirrung dadurch entstanden, daß man diese Lichtstreifen für Bergketten hielt, die sich von einem Hauptringgebirge nach allen Seiten hin erstrecken. Bergketten finden sich, wie schon bemerkt, auf dem Monde nur wenige, und in Strahlenform kommen gar keine vor. Hevel hat eine Menge solcher Montes auf seiner

Karte gezeichnet und benannt, die sämmtlich gestrichen werden müssen, und noch Schröder hat diesen Irrthum festgehalten, was bei einem so fleißigen und vieljährigen Mondbeobachter zu verwundern ist. Zwar giebt er den Streifen überall nur geringe Erhebungen, allein auch diese sind irthümlich. Sie scheinen in der That von nichts als den eigenthümlichen Bestandtheilen des Bodens abzuhängen und müssen nicht sowohl orographisch als (seleno-) gnostisch betrachtet werden; freilich werden wir über ihre innere Natur stets nur Vermuthungen haben.

Zwar eine ziemliche Auswahl von Ringgebirgen steht man im Vollmonde als Lichtringe, nur sind diese gewöhnlich, und zwar gerade bei den höchsten und mächtigsten Ringgebirgen, so schwach, daß man sie nur mit großer Mühe unterscheidet. Andere glänzen mit ihrer ganzen Fläche, so daß man keinen Lichtring, sondern einen hellen runden Fleck bemerkt, der bei etwas größeren Ringgebirgen gewöhnlich stark verwaschen ist, wie bei Aristillus, Autolycus, Theätetus, Manilius u. a. Aber die meisten, und darunter gerade die kolossalsten Gebilde dieser Art, verschwinden im Vollmonde so gänzlich, daß auch nicht die geringste Spur ihres Ortes übrig bleibt. Von dem großen, überaus prachtvollen Petavius, der einen vollständig doppelten Hauptwall, zahlreiche Terrassen, eine beulenförmige Centralerhebung, auf dieser ein kleines Massengebirg, wo man gegen 14 einzelne Gipfel unterscheidet, eine breite tiefe Furche und mehrere, auf seiner innern Fläche streichende Hügelrücken hat, ist im Vollmonde nicht die kleinste Spur aufzufinden und Hunderte von Ringgebirgen sind in demselben Falle.

Das am stärksten glänzende Ringgebirg, das zugleich den hellsten Fleck des ganzen Mondes bildet, ist Aristarch, von dem Hevel annahm, es sei ein beständig brennender Vulkan, was später oft wiederholt worden ist. — Wahr-

scheinlich hat er eine sehr regelmäßige Hohlspiegelform und giebt uns das Bild der Sonne wieder, weshalb auch seine ganze Fläche glänzt. Wäre Aristarch, oder irgend ein anderer dieser hellglänzenden Punkte, wirklich ein Vulkan im Sinne unserer feuerspeienden Berge, so würde er in der Nacht des Mondes sich ganz besonders hervorheben, während noch nie ein Phänomen der Art gesehen worden ist. Im Erdenlichte wird er, zwar ebenfalls stärker als andere Berge, doch aber nur schwachleuchtend wahrgenommen, und wenn man das Erdenlicht nicht wahrnimmt, also in Beziehung auf unsern Anblick eine wirklich dunkle Mondnacht eintritt, sehen wir auch vom Aristarch keine Spur mehr, so wenig als von irgend einem andern Mondgebilde.

Den kleinern und kleinsten Ringgebirgen des Mondes hat man den Namen Krater beigelegt, wiewohl Einige diesen Namen auch auf größere Gebilde angewandt haben. Eine bestimmte Grenze läßt sich nicht festsetzen, sondern nur im Allgemeinen angeben, daß, je kleiner die Durchmesser werden, desto größere Regelmäßigkeit und Frische der Form gefunden wird. Der Wall in diesen kleinern, bis zur untern Grenze des Erkennbaren herabgehenden Ringformen ist fast immer einfach und trägt selten einen besondern Gipfel, sondern der Kamm geht in gleicher Höhe rings herum. Die Böschungswinkel sind gewöhnlich noch steiler als bei den größeren Ringgebirgen, was man daraus erkennt, daß einzelne Krater bis vier Tage nach dem Aufgange der Sonne noch deutliche Schatten zeigen, so daß auf einen bis zu 70° gehenden Böschungswinkel geschlossen werden muß. Auch nach Außen sind die Abfälle gewöhnlich ziemlich steil. Centralberge kommen auch noch vor; daß sie nicht häufiger gesehen werden, liegt wohl mehr in der großen Schwierigkeit ihrer Beobachtung, als in einem wirklichen Mangel an diesen Formen.

Bald nach dem Aufgange der Sonne sehen diese Krater,

besonders wenn sie in einer Ebene liegen, wie schwarze Löcher aus, da der Schatten sich bei Weitem mehr hervorhebt, als die Wälle, welche ihn werfen, und auf dem Monde alle Schatten pechschwarz erscheinen. Rückt der Tag (des Mondes) weiter vor, so verschwinden allmählig die Krater, die ohne Schatten sich nicht hinreichend hervorheben können, und nur eine kleine Anzahl derselben bleibt gut sichtbar. Rückt endlich die Sonne in den Meridian der betreffenden Landschaft, so steht man an der Stelle vieler (bei Weitem nicht aller) Krater einen Lichtpunkt oder Lichtring, und einige derselben sind von einem ungemein schönen und zarten Glanze umschimmert, selten umstrahlt. Nichts ist sonderbarer, aber auch nichts häufiger, als daß von zwei nahe zusammenstehenden und einander, so weit wir es beurtheilen können, in jeder Beziehung völlig gleichen Kratern der eine im Vollmonde als schöner Lichtpunkt glänzt und von dem andern auch nicht die kleinste Spur gefunden wird. Man kann also keineswegs erwarten, alle Krater durch diese Lichtpunkte kennen zu lernen; man kann sogar nicht einmal behaupten, daß jeder Lichtfleck einen Krater repräsentire. Bei aufmerksamer fortgesetzter Beobachtung findet man oft, daß der Glanzpunkt von einem Berge herrührt, und in nicht seltenen Fällen gewahrt man an der Stelle, wo im Vollmonde ein heller Lichtfleck glänzte, später gar nichts mehr, während andere ganz ähnliche als Krater sichtbar werden.

Die Anzahl der Krater auf der diesseitigen Mondhalbkugel, bis zur Grenze der Sichtbarkeit herab, dürfte gegen 40,000—50,000 betragen. In manchen Gegenden, wie zwischen Cratosihenes und Kopernikus, wimmelt es förmlich von Kratern, die man einzeln kaum noch unterscheidet, und einen ähnlichen Anblick gewähren viele Gegenden, wo man gar keine mehr einzeln sieht. Wie die Nebelflecke des Firmaments nur zum Theil wirklich in einzelne Sterne auf-

Ist werden können, dem größern Theile nach aber nur die Auflöslichkeit ahnen lassen, so ist es auch mit den Kraterhaufen der Mondfläche.

Bis zu $\frac{1}{8}$ Meile Durchmesser herab ist es noch möglich, sie aufzufinden und als Krater zu erkennen; bei noch kleinerem Durchmesser verschwinden sie aber oder zeigen sich doch nicht bestimmt genug. Man kann hieraus abnehmen, daß ihre Zahl in der Wirklichkeit noch weit größer als die oben angegebene sei.

Diese Krater zeigen sich in den allerverchiedensten Combinationen und Localitäten. In freien Ebenen sind sie am besten zu erkennen, doch scheinen sie in den gebirgigen Gegenden noch häufiger zu sein. Sie kommen im Innern der Ringgebirge und Wallebenen, fast noch mehr jedoch auf und in ihrem Walle selbst vor; einige dieser Ringwälle sind von solchen Kratern ganz zerstückt und zerklüftet, wie Maginus, Longomontanus, Albategnius. Auch selbst auf den Gipfeln einzeln stehender Berge kommen sie, wiewohl im Ganzen nur selten, vor; der Gipfel des Huygens z. B. trägt einen Krater. — Nach den Rändern der Mondscheibe zu sind sie schwer zu erkennen, oder vielmehr von den eigentlichen Bergen zu unterscheiden, da alsdann für unsern Anblick leicht ein Wall den andern verdeckt, und wir aus demselben Grunde nicht in seine Tiefe hineinschauen können; doch ist nicht anzunehmen, daß sie dort wirklich seltner sein sollten, als in den besser sichtbaren Gegenden.

Man hat Krater, welche zu zweien und mehreren in einer Reihe an einander hängen, so daß der zwischen je zweien liegende Wall beiden gemeinschaftlich ist, oder ihre Wälle sich doch wenigstens berühren: eine Form, welche man Doppelkrater nennen könnte. In andern Fällen ist die Verbindung noch inniger: an der Berührungsstelle fehlt der Wall gänzlich und ein offener Paß führt aus einer Tiefe

unmittelbar in die benachbarte, wodurch, wenn die beiden Krater von merklich ungleicher Dimension sind, birnförmige Gebilde entstehen, die auch wirklich nicht selten vorkommen. Häufiger jedoch sind die auf solche Weise verbundenen Krater nur wenig oder gar nicht an Größe verschieden. Sind diese Oeffnungen sehr weit, und setzt sich die Reihe der Krater durch viele kleine Glieder fort, so bekommt das Ganze leicht das Ansehen eines Canals, der sich stellenweise etwas erweitert und verengt, und so ist der Uebergang zu denjenigen Formen gegeben, mit welchen wir diese Betrachtung der Mondgebirge beschließen, nemlich den sogenannten Rillen, schmalen Furchen ohne erhebliche Krümmung, oft geradlinig durch die Ebene hziehend. Sie sind sehr schwer zu erkennen, da sie zwar gewöhnlich viele (bis über 30) Meilen lang, aber auch mit wenigen Ausnahmen sehr schmal sind. Sie ziehen auch selbst über Berge hin, wiewohl häufiger (oder leichter kenntlich) in ebenen Gegenden und stehen mit den übrigen Gebirgsformen des Mondes nur selten in einem erkennbaren Zusammenhange. Sie können nicht mit unsern Flußthälern verglichen werden, die mit ihren Krümmungen, Zuflüssen und Armen, u. dergl. ein ganz anderes Ansehen als die Rillen geben müssen, die überdies gewöhnlich in gleichbleibender Breite hinstreichen. Man erblickt auf dem Monde in größern Ferngläsern mehrere Hundert solcher Rillen, im Cassendi allein 13.

Zuletzt entsteht noch die Frage, auf welche Weise die Mondoberfläche sich so ganz verschieden von der Erdoberfläche gestaltet haben möge? Hier drängt sich unwillkürlich die Meinung auf, daß sich diese Ringformen von Innen heraus, also auf dem Wege der Eruption, so gestaltet haben möchten, wie wir sie finden. Kein Niederschlag aus Gewässern könnte jemals solche Formen erzeugen, und hat sie auf der Erde nicht erzeugt: die wenigen Bildungen auf unserm Pla-

neten, die wir mit denen des Mondes etwa vergleichen könnten, z. B. der Raachersee bei Andernach, sind entschieden auf vulkanischem Wege entstanden. Noch weniger aber wird man sich bewogen finden, die abenteuerliche Meinung von einem Zusammenballen des Mondes aus mehreren Kugeln, die gleichsam wie Bomben in den noch weichen, nachgebenden Mondboden eingeschlagen hätten, zu adoptiren. Ein so arg gemißhandelter Weltkörper würde uns gewiß ein ganz anderes Ansehen zeigen: das Innere der Tiefen z. B. würde nach der Mitte zu aufgetrieben erscheinen, die Centralberge in ihrer gegenwärtigen Gestalt würden fehlen u. dergl. m. — Wenn man aber auch die Entstehung der Ringgebirge des Mondes eine vulkanische nennt, so kann man doch den Ausdruck nicht so ohne Weiteres annehmen, und am wenigsten darf an einen Feuerausbruch gedacht werden; denn nicht allein scheinen die Bedingungen eines solchen Ausbruchs — und des Feuers überhaupt — dem Monde ganz zu fehlen, sondern die Formen, welche uns die heutigen Vulkane darbieten, sind auch gänzlich von denen verschieden, die uns der Mond zeigt, und noch nie ist ein Feuerausbruch dort wirklich beobachtet worden, so leicht und unzweideutig dies auch wäre, wenn jemals ein solcher Vulkan in der Nacht (des Mondes) ausbräche. Es hat im Gegentheil allen Ansehen, als seien Gaseruptionen ohne wirkliches Feuer hier thätig gewesen. *) Das Innere der Mondkugel scheint in einem Zustande starker Compression und zugleich bedeutender Erhitzung gewesen zu sein, als die Oberfläche schon im Erkalten und Festwerden begriffen war, und die abgeschiedenen gasförmigen Massen

*) Als ich einem erfahrenen Chemiker, Herrn Professor Voebel, den Mond im Dorpater Refractor zeigte, erklärte er sich auf der Stelle für diese Entstehungsweise, als einer ganz unverkennbar und ungezwungen sich darbietenden.

scheinen keinen andern Ausgang gehabt zu haben, als den eines gewaltsamen Durchbruchs durch die Mondoberfläche. Wenn nun diese Ausbrüche zuerst in den gewaltigsten Massen und folglich im größten Maasstabe stattfanden und sich über den Mond im Ganzen verbreiteten, später aber immer mehr und mehr auf einzelne Localitäten beschränkt und nur wie Nachwirkungen zu betrachten waren, so erklärt sich, weshalb überall die kleinern Formen die größern zerklüftet und unkenntlich gemacht haben, weshalb sie eine im Ganzen größere Regelmäßigkeit und Frische zeigen und in so sehr verschiedenen Localitäten angetroffen werden. Man kann nichts Aehnlicheres sehen, als diese Ringwälle und einen gesprengten Minentessel, und die bedeutenden Dimensionen, welche die größeren unter diesen Formen zeigen, werden uns nicht Wunder nehmen, wenn wir die 6mal geringere Schwerkraft auf dem Monde in Betracht ziehen, welche der erumpirenden Kraft gestattete, die Massen auch in eben demselben Verhältniß weiter zu werfen. Nimmt man nun an, daß es später, als die Ausbrüche sich immer mehr vereinzelt und geschwächt hatten, nicht in jedem Falle zu einem wirklichen Durchbruch kam, sondern die widerstehenden Massen bloß mehr oder weniger gehoben wurden, so erklären sich auch die Centralberge, so wie die übrigen isolirten Berge, auf eine sehr einfache Weise. Diese spätern Ausbrüche werden sich nemlich jederzeit nach demjenigen Punkte gewandt haben, wo der Widerstand der Massen der geringste war, und dies waren offenbar die Stellen, welche, durch frühere Ausbrüche aufgelockert und durcheinander geworfen, nicht zu dem Grade der Cohäsion wieder gelangen konnten, wie die übrigen Theile, also das Innere und vorzugsweise die Mitte der Ringgebirge, in denen sich nun ein von Innen emporgetriebener Berg erhob.

Daß auch die Kraterreihen, so wie die Bergadern und

Willen, sich so am naturgemähesten erklären, ist leicht zu zeigen. Die nach einem Ausgange strebenden Gase werden nemlich nicht immer vom Centro her senkrecht gegen die Oberfläche, sondern oft auch der letzteren parallel und gleichsam unter ihr hinwegstreichend gewirkt haben, und der Erfolg war, je nachdem eine Durchsprenzung des Bodens erfolgte oder nicht, eine Bergader oder eine Kille, auch wohl eine Kraterkette. — Gegenwärtig scheint dieser Bildungsproceß des Mondes längst vorüber und abgeschlossen zu sein. Man hat noch keinen Krater oder sonst etwas Aehnliches mit Sicherheit als neu entstanden wahrgenommen. Freilich gehörte zu einer solchen Versicherung, daß die betreffende Gegend früher auf's Sorgfältigste beobachtet, gemessen und gezeichnet worden wäre, um sicher zu sein, nichts Wahrnehmbares übersehen zu haben, und dazu für den gesammten Mond zu gelangen, ist wahrlich keine Kleinigkeit, wenn man die Hunderttausende von größern und kleinern wahrnehmbaren Gegenständen bedenkt; und wie die Erde noch jetzt dann und wann eine neue Insel erzeugt, so wäre es auch möglich, daß irgend ein kleines Mondgebilde einst unter unsern Augen gleichsam neu entstände — möglich, sage ich, aber nach meinen eigenen bisherigen Erfahrungen und einer vorurtheilsfreien Kritik der Wahrnehmungen andrer Astronomen keineswegs wahrscheinlich.

XXI.

Der Fixsternhimmel.

Wie großartig auch immerhin die Verhältnisse erscheinen mögen, die das Sonnensystem mit seinen Planeten, Monden,

Kometen und Meteorgruppen uns darbietet, dennoch ist alles dies zusammengenommen nur ein höchst unbedeutender Theil derjenigen Welt, welche jede hellere Nacht vor unsern Augen entrollt. Wie eine kleine Insel zur gesammten Erdoberfläche, so verhält sich das Sonnensystem zur Gesammtheit der Fixsterne, mögen wir nun auf die Größe, Masse und Mannichfaltigkeit der Individuen, oder auf die Räume sehen, die sie von einander und von unserm Sonnensysteme trennen.

Denn jeder Fixstern, den wir am Himmel wahrnehmen, sei es, daß das bloße Auge ihn uns zeigt, oder daß wir der Hülfe eines Fernrohrs zu seiner Erkennung gebrauchen, ist eine selbstständige, mit eigenem Lichte leuchtende Sonne. Nur so ist es erklärlich, wie sie in so ungeheuren Fernen uns noch wahrnehmbar werden, ja trotz eines selbst für unsere feinsten Meßwerkzeuge gänzlich verschwindenden Durchmessers so intensiv leuchten können. Dunkle, das Licht bloß reflectirende Körper mögen immerhin sich zwischen ihnen befinden; wir können direct von ihnen nichts wissen und auf ihre Existenz nur nach Analogien schließen. Da wir nun schon mit bloßen Augen gegen fünf Tausend, mit Ferngläsern aber wenigstens eben so viel Millionen Sterne am Himmel erblicken, auch wenn wir die Milchstraße und Nebelflecken nicht hinzuzählen, so ist die obige Vergleichung gewiß gerechtfertigt.

Eine so ungeheure Anzahl von Weltkörpern würde es uns unmöglich machen, jedem einzelnen eine Aufmerksamkeit wie etwa den einzelnen Planeten zuzuwenden, auch wenn die Fixsterne nicht durch ihre ungeheure Entfernung jede nähere Untersuchung ihrer Eigenthümlichkeit vereitelten. Wir sehen in ihnen mit bloßen Augen strahlende (limmernde) Lichtpunkte, und diese Strahlen nehmen einen desto größeren Raum ein, je heller der Glanz ist. Das Fernrohr zeigt uns den Fixstern frei von diesen Strahlen als einen ruhigen

Lichtpunkt, und zwar als einen desto feineren, je vollkommener das Instrument ist. Die Beobachtung kann uns also über ihre Größe, Gestalt, Oberflächentheile u. dergl. nichts lehren und wird auch nach aller Wahrscheinlichkeit dies niemals vermögen. Wohl haben die kleinen Scheibchen, welche die Fixsterne in den großen Teleskopen und Refractoren zeigen, Veranlassung zu Versuchen gegeben, ihre Durchmesser zu bestimmen. Allein obgleich diese Versuche sich an einen hochberühmten Namen knüpfen, so müssen sie dennoch als gänzlich verfehlt, ja als Mißverständnisse bezeichnet werden. Diese Scheibchen sind nichts als die Abbilder der Objectivöffnung, und wenn man z. B. dieser statt der gewöhnlichen kreisförmigen eine dreieckige Gestalt giebt, so werden auch alle Fixsterne sich als sehr kleine Dreiecke zeigen, während ein reell sichtbares, dem Gegenstande selbst gehörendes Scheibchen, unter allen Umständen ein solches bleibt.

Unkundige, die zum ersten Male durch ein größeres Fernrohr blicken, finden sich gewöhnlich, in Beziehung auf die Fixsterne, seltsam getäuscht: sie erwarten sie vergrößert zu sehen, und finden sie im Gegentheil kleiner (nämlich strahlenfreier) als mit bloßem Auge. Sie können übrigens auf der Erde ganz dieselbe Erfahrung machen: ein Kerzen- oder Lampenlicht, in dunkler Nacht aus einiger Entfernung gesehen, erscheint gleichfalls dem bloßen Auge größer, als dem bewaffneten: ersteres erblickt einen strahlenerfüllten Raum; letzteres zeigt nur die wirkliche Flamme.

Der Umstand, daß wir die Fixsterne nur als Punkte wahrnehmen, ist ein sehr günstiger für Bestimmung ihres Ortes an der Himmelskugel. Diese Orter der Fixsterne waren zwei Jahrtausende hindurch so ziemlich das Einzige, was man an ihnen beobachtete, und auch jetzt noch ist es für die wissenschaftliche Betrachtung das Wichtigste. Bei Weitem unvollkommener, als diese Ortsbestimmungen, sind

die Angaben über Größe — hier gleichbedeutend mit Glanz — der Fixsterne, die durchaus nur auf Schätzung beruhen und erst in neuester Zeit Aussicht auf eine bessere Grundlage haben (durch die von Steinheil eingeführten Heiligkeits-Messungen). Nicht besser steht es mit den Angaben über Farbe der Sterne. Nur bei wenigen ist diese Farbe so intensiv, daß sie nicht verkannt werden kann; in den meisten Fällen ist nur eine sehr schwache Nuance der gewöhnlichen weißen oder weißgelblichen Farbe wahrzunehmen, und nicht jedes Auge, wäre es auch sonst noch so scharf und geübt, vermag diese Farben-Nuancen zu unterscheiden.

Ort, Größe und Farbe können nun möglicher Weise im Laufe der Zeit sich verändern und verändern sich wirklich; am häufigsten der erste, am seltensten letztere. Allein diese Veränderungen erfolgen, mindestens in Bezug auf unsere Wahrnehmung, so äußerst langsam, daß man erst in den beiden letzten Jahrhunderten etwas Bestimmtes darüber hat feststellen können. Auch wenn unser Leben so viele Jahrhunderte währte als es Jahre währt, wir würden dennoch nicht im Stande sein, beim Anblick mit bloßem Auge die stattgefundenen Veränderungen wahrzunehmen, 5 oder 6 Sterne etwa ausgenommen. Dieser relativen Unveränderlichkeit verdanken die Himmelskörper, von denen wir hier sprechen, den Namen Fixsterne.

Veränderungen des Ortes sind bisher etwa bei tausend Fixsternen wahrgenommen worden. Da indeß sichere, genaue Beobachtungen der Fixsternörter, die hier zur Vergleichung gezogen werden können, kaum ein Jahrhundert alt sind, so darf man annehmen, daß ihre Zahl von Jahrzehend zu Jahrzehend nicht unbeträchtlich wachsen werde, wenn es auch ziemlich gewiß ist, daß die stärkeren dieser Bewegungen uns mit wenigen Ausnahmen schon alle bekannt sind. Etwa 25 Fixsterne haben eine jährliche Fortbewegung von Einer

Secunde und darüber; die drei stärksten Bewegungen sind: 7, 5 und 4 Secunden jährlich. Bei etwa 80 Sternen ist sie zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 Secunde, bei den meisten aber nur etwa $\frac{1}{10}$ und noch darunter. Eine jährliche Veränderung von $\frac{1}{20}$ Secunde läßt sich gegenwärtig noch nicht verbürgen.

Die stärkeren Bewegungen gehören zwar im Allgemeinen den helleren Sternen an, doch finden sich erhebliche Ausnahmen. Die oben angeführten drei stärksten kommen sämtlich schwächeren, wenn auch dem bloßen Auge noch sichtbaren Sternen zu, während sich andererseits unter den Sternen zweiter und selbst erster Größe noch einige finden, deren Bewegung, ihrer Kleinheit wegen, bis jetzt noch nicht sicher erkannt ist.

Ueber die Natur dieser Bewegungen und die Gesetze, nach denen sie erfolgen, kann man bis jetzt nur Vermuthungen äußern, denn selbst die stärksten sind noch viel zu gering, um auf Bahnen von einer bestimmten Form aus ihnen schließen zu können. Zugleich ist einleuchtend, daß die von uns wahrgenommenen Ortsveränderungen zwei verschiedene Ursachen haben können: sie können scheinbare, nur durch Veränderung unseres Standortes erzeugte, oder auch wirkliche, den Fixsternen selbst angehörende sein. Zwar ist die Veränderung des Ortes der Erde, in ihrem jährlichen Laufe um die Sonne, wie wir weiterhin sehen werden, zu gering, um merkliche Aenderungen zu veranlassen; überdies müßten solche die Periode des Erdjahres haben. Allein möglicher Weise hat unsere Sonne, gemeinschaftlich mit ihrem ganzen System, selbst eine Bewegung, und diese müßte sich in den Fixsternen, auch wenn sie selbst in Ruhe wären, abspiegeln. Nach dieser Ansicht untersuchten schon Herschel und Brevost die wenigen Fixsterne, an denen zu ihrer Zeit eine Bewegung wahrgenommen war, und leiteten aus ihnen eine, gegen das Sternbild des Hercules gerichtete, Bewegung un-

ferer Sonne her. Diese, von den Zeitgenossen mit großem Mißtrauen aufgenommenen Schlüsse haben sich später glänzend bestätigt: Argelander's und Otto Struve's Untersuchungen haben nahezu denselben Ort, den Herschel bezeichnete, für die Richtung der Sonnenbewegung ergeben, und dies mit einem Grade von Sicherheit, der jeden Zweifel verstummen macht. Sie konnten freilich eine mehr als zehnmal so große Anzahl von Fixsternen mit erkannter Bewegung zu Grunde legen, und diese Bewegungen selbst viel besser verbürgen; auch waren die von ihnen angewandten Berechnungsmethoden bei Weitem genauer als die Herschel'schen.

Eben diese Untersuchungen haben aber auch ergeben, daß die Bewegung unseres Sonnensystems jene Ortsveränderungen der Fixsterne nur zum Theil erklärt, und daß ein anderer Theil ihnen selbst angehören muß, daß also in den von uns wahrgenommenen Veränderungen beide obige Ursachen vereinigt sind. Dies war auch a priori zu vermuthen; denn ist die Sonne gleicher Natur mit den Fixsternen, so ist es eben so unwahrscheinlich, daß unsere Sonne ausschließlich sich bewege, als daß sie eine Ausnahme machen und ruhen werde, während die übrigen Sonnen ihren Ort veränderten.

So weit waren die Untersuchungen vorgerückt, als ganz neuerlich (1844) ein höchst wichtiger Aufsatz von Bessel erschien, in welchem überzeugend dargethan ward, daß wenigstens bei zwei der hellsten Fixsterne (Sirius und Procyon) die Bewegung, trotz ihrer Kleinheit, nicht durch eine grade Linie oder eine einfache Curve dargestellt werden könne, sondern daß — auch abgesehen von der Bewegung unserer Sonne — hier zwei verschiedene Veränderungen sich vereinigen müßten. Er schließt daraus, daß diese beiden Sterne noch außerdem eine Bahn um einen ihnen verhältnißmäßig sehr nahen Körper beschreiben müßten. Wir erblickten einen

solchen nicht, müssen folglich annehmen, daß er ein dunkler oder doch zu schwach leuchtender sei, während wir ihm andererseits eine sehr beträchtliche Masse zuschreiben müssen, da er sonst so ansehnliche Körper, wie die genannten Fixsterne, nicht um sich würde herumführen können. Es wäre dies die erste sichere Kunde von der Existenz dunkler Körper in der Fixsternwelt, freilich nicht solcher, wie sie sich um unsere Sonne bewegen, sondern Körper einer weit höhern Ordnung, da sie umgekehrt Sonnen zu Trabanten haben. Doch wird es nöthig sein, durch möglichst genaue Beobachtungen des Ortes dieser und anderer Fixsterne das merkwürdige Factum noch näher zu bestimmen, da Vessel außer seinen eigenen höchst genauen Beobachtungen nur wenige frühere fand, denen bei einer so delicates Untersuchung ein Stimrecht eingeräumt werden konnte.

Die zweite Art der oben angegebenen Veränderungen, die des Lichtglanzes (der Größe), ist erst bei etwa 30 Sternen bekannt, und unter diesen sind noch einige ungewiß. Eine starke, augenfällige Veränderung kommt nur in etwa 5 Fällen vor; die übrigen zeigen eine geringere, nur bei sorgfältiger und anhaltend fortgesetzter Vergleichung wahrnehmbare Veränderung. Das Fernrohr ist hier nur von beschränktem Gebrauche, denn da es darauf ankommt, den zu untersuchenden Stern mit andern benachbarten zu vergleichen, folglich sie gleichzeitig im Auge zu haben, so wird höchstens nur ein sehr kleines Fernrohr (Taschenperspectiv) gebraucht werden können, um ein hinreichend großes Gesichtsfeld zu behalten. Nur in den — bis jetzt sehr seltenen — Fällen, wo ein telescopischer Stern eine merkliche Veränderlichkeit zeigt, und ein anderer ihm optisch sehr nahe steht, dürften größere Fernrohre anwendbar sein.

Algol, am Kopfe der Medusa, Mira, im Wallfische und ein Stern (χ) im Schwan, sind die auffallendsten Bei-

spiele der Veränderlichkeit, und zugleich solche, in denen eine regelmäßige Periode bekannt ist. Bei dem erstgenannten beträgt sie 68 Stunden, bei den beiden übrigen 336 und 490 Tage. Andere haben Perioden von 3, 5, 12, 30, 60 Tagen; bei mehreren ist sie noch unbestimmt oder auch wohl selbst veränderlich, und eben so ist das größte und kleinste Licht nicht in jeder Periode stets dasselbe. Ein Beispiel der letztern Art giebt Mira des Wallfisches, der zuweilen im Maximo die zweite, zuweilen nur die dritte oder selbst noch geringere Größe erreicht, während er im kleinsten Lichte dem bloßen Auge und sogar den meisten Fernrohren ganz verschwindet.

Wir vermögen die Ursachen dieser Veränderungen nicht mit Bestimmtheit anzugeben. Wo (wie bei Algol) die Verdunkelung nur 2—3 Stunden währt, während der Stern in der ganzen übrigen Zeit der Periode einen gleichen Glanz zeigt, ist die wahrscheinlichste Annahme die, daß ein dunkler, aber dem Fixstern an Größe nahe gleichkommender Körper in der angegebenen Zeit um ihn herumläuft, und zwar in einer Ebene, welche ganz oder beinahe mit unserer Gesichtslinie zusammenfällt. Wir beobachteten also in diesem Falle eine regelmäßig wiederkehrende Fixsternfinsterniß. Aber wir kennen bis jetzt nur dieses eine Beispiel der angegebenen Art, und bei den meisten veränderlichen Fixsternen, namentlich denen von langer Periode, verhält die Sache sich vielmehr umgekehrt: der Stern bleibt nur eine kurze Zeit hell und ist den bei Weitem größten Theil der Periode über dem kleinsten Lichte weit näher, als dem größten. Hier liegt eine andere Erklärung näher: der Fixstern hat dunkle Flecke, wie unsere Sonne, nur bei Weitem häufiger, und zwar vorzugsweise auf einer Seite. Oder auch so: er leuchtet nicht aus allen Punkten seiner Oberfläche, sondern hauptsächlich nur aus einem oder einigen wenigen, die fast ganz nach einer Seite hin liegen. In beiden Fällen würde die wahrgenom-

nieme Periode die Umdrehungsperiode des Fixsterns um seine Axe sein. Oder endlich: das Leuchten eines solchen Sternes ist selbst nur periodisch, und nicht, wie bei unserer Sonne und den meisten übrigen Sternen, constant. Doch es kann wenig fruchten, Hypothesen auf Hypothesen zu häufen, während wir es für jetzt wenigstens aufgeben müssen, zwischen ihnen zu entscheiden. Bei Weitem fruchtbringender ist es, die noch ziemlich spärlichen Beobachtungen auf diesem Felde möglichst zu vervielfältigen, ein Geschäft, das gerade diejenigen wählen sollten, die keine Mittel haben, mit gut ausgerüsteten Sternwarten zu concurriren, auch in weit aussehende und schwierige Berechnungen sich nicht einlassen können oder wollen, und gleichwohl wünschen, auch ihrerseits einen Beitrag zur Förderung der Wissenschaft zu liefern.

In die Rubrik der veränderlichen Sterne gehören im weitern Sinne auch die neu erschienenen und verschwundenen Fixsterne. Was die ersteren betrifft, so ist allerdings auf die Nachrichten aus dem Alterthume, wo man nicht allein Fixsterne mit Kometen, sondern wohl gar Himmelskörper mit Lusterscheinungen und Sternschnuppen verwechselte, wenig zu geben. Aber vom Jahre 1572, wo der berühmte neue Stern des Tycho erschien, bis zu Ende des 17. Jahrhunderts können vier gut constatirte und von namhaften Astronomen genau beobachtete Fälle von neu erschienenen Sternen, aufgeführt werden. Sie stammten stets plötzlich auf an Stellen, wo bisher kein — wenigstens kein dem bloßen Auge sichtbarer — Stern gestanden hatte, und entfalteten einen hellen Glanz (der Stern von 1572 war am hellen Tage mit freiem Auge sichtbar). Nachdem sie etwa ein oder zwei Jahre geglänzt hatten, nahmen sie ab und verschwanden, jedoch nicht plötzlich, wie sie erschienen waren, sondern ganz allmählig; einer von ihnen ist auch als schwacher, Stern fortwährend sichtbar geblieben.

Ein ähnliches Phänomen beobachtete John Herschel im Jahre 1837 am Cap. Ein Stern (η der Argo), in Europa nicht sichtbar und an Helligkeit etwa den bekannten 5 Cassiopejasternen gleich, nahm in der kurzen Zeit eines Monats an Glanz dergestalt zu, daß am ganzen Firmament nur drei Sterne ihn übertrafen. Aber schon nach 6 Wochen nahm er an Glanz wieder etwas ab, aber noch immer ist er viel heller als er früher war.

An Erklärungsversuchen, zum Theil der monströsesten Art, hat es auch bei diesen Phänomenen nicht gefehlt. Statt sie hier aufzuführen, will ich lieber erwähnen, daß — freilich nach weniger zu verbürgenden Nachrichten — in den Jahren 945 und 1260 der christlichen Zeitrechnung, und zwar gleichfalls wie 1572 im Sternbilde der Cassiopeja, neue glänzende Sterne erschienen und wieder verschwunden sind. Die 3 Jahrzahlen 945, 1260 und 1572 geben Zwischenräume von 315 und 312 Jahren, oder, da der letztere bis 1574 stehen blieb, 315 und 314 Jahren. Diese Uebereinstimmung des Ortes, wie der Periode, ist wahrscheinlich nicht zufällig, und wenn wir auch dadurch auf die wahre und eigentliche Ursache nicht geführt werden, so leitet uns diese Bemerkung doch zu dem Schlusse, daß wir hier nicht den Untergang einer Welt im Feuer — wofür die Majorität der Zeitgenossen sich entschied — sondern etwas beobachtet haben, was einer festen und bleibenden Ordnung der Dinge angehört. Darüber hinaus aber vermögen wir nichts zu erforschen.

Von eigentlich verschwundenen Sternen — die oben erwähnten wieder verschwundenen abgerechnet — ist kein gewisses Beispiel vorhanden. Wohl kommen in den frühern Katalogen Sterne vor, die man hernach an dem angegebenen Orte oder auch in der Nähe vergebens gesucht hat, allein dies sind wahrscheinlich Beobachtungs- oder Schreibfehler gewesen, oder es ergab sich später, daß die Beobachtung

gar keinem Fixstern, sondern etwa einem erst später als solchen erkannten Planeten angehörte. Wenn ein sehr schwacher, nur in Riesenfernrohren sichtbarer teleskopischer Stern später nicht wiedergefunden wird, so kann dies nur sehr unwahrscheinlich auf ein reelles Verschwinden bezogen werden, sondern etwa darauf, daß die Luft während der Beobachtung eine ausgezeichnete, nicht so leicht sich wiederholende Durchsichtigkeit hatte, oder auch daß der Glanz des kleinen Sterns wirklich etwas veränderlich ist. Zu Hipparch's Zeiten soll ein Plejadenstern verschwunden, und dieser Astronom dadurch zu seiner Durchmusterung und Beobachtung aller gut sichtbaren Sterne veranlaßt worden sein. Man kann einem Irrthume Großes zu verdanken haben, aber er bleibt dennoch ein Irrthum. Wenigstens ist die Nachricht viel zu unbestimmt.

Endlich die Sternfarben und ihre etwaigen Veränderungen. Wir finden neben Weiß und Gelb zunächst mehrere rothe, sodann grüne, blaue, gold- und purpurfarbene, ja aschfarbene Sterne, insbesondere bei den weiterhin zu besprechenden Doppelsternen. Diese verschiedenen Farben führen darauf, daß das Licht der Fixsterne nicht durchaus gleicher Natur, sondern wie quantitativ, so auch qualitativ verschieden sei, möge nun die Quelle dieser Verschiedenheit sein, welche sie wolle. Auch noch andere Beobachtungen führen auf solche Differenzen: die Form der Spectra, welche man bei der Brechung des Lichts im Prisma erhält, ist nicht für alle Fixsterne dieselbe; so geben z. B. Castor und Pollux ein ganz verschiedenes Prismenbild.

In dieser Verschiedenheit liegt übrigens nichts, was Befremden erregen oder zu so gezwungenen und unwahrscheinlichen Erklärungen nöthigen könnte, wie sie z. B. Doppler versuchte, der sie aus ganz ungeheuren — und gar nicht im Universum existirenden — Geschwindigkeiten der Him-

melkörper herleiten wollte. Hat doch selbst auf unserer Erde die Flamme, je nach den Materialien, wodurch sie genährt wird, oder den Gasarten, in denen sie brennt, eine verschiedene Farbe, und eben so wird ein und dasselbe Sonnenlicht von den verschiedenen Planeten in sehr mannichfaltiger Weise reflectirt.

Auch in diesen Farben scheinen nun Veränderungen vorzugehen, doch läßt sich kein einziges ganz gewisses Factum darüber anführen. Die Alten nannten den Sirius roth, wir finden ihn weiß. Allein es sind nicht sowohl die Astronomen, als die Dichter, die von der rubra canicula erzählen, und da Sirius, wie jeder Fixstern, in den Dünsten des Horizonts allerdings roth erscheint, bei den Alten auch fast nur von den Auf- und Untergängen der Sterne die Rede ist — bei Sirius waren namentlich die ersten Aufgänge im Jahre sehr wichtig, als Verkündiger der Nilüberschwemmung — so vermögen wir nicht gewiß zu sagen, ob Sirius den Griechen und Römern wirklich in einer andern Farbe als uns erschienen sei. Ferner finden sich zwei Sterne, γ des Löwen und γ des Delphins, die Herschel als weiß bezeichnet und die jetzt goldfarbig erscheinen. Nun aber beobachtete Herschel mit einem Instrument, welches an sich nicht ganz farbenfrei war, und seine Sternfarben sind im Ganzen weit häufiger roth, als bei Struve und den Neueren überhaupt. Hier wäre nun allerdings der Fall umgekehrt, das Teleskop hätte zwei Sterne weiß gezeigt, die jetzt röthlich erscheinen. Aber wie leicht ist bei einer einzelnen Wahrnehmung — und mehr scheint Herschel nicht angestellt zu haben — eine Täuschung möglich, zumal wenn man an den verschiedenen Luftzustand denkt.

Wie man aus dem Angeführten sieht, ist die Welt der Fixsterne, im Allgemeinen betrachtet, eine Welt der Dauer, des festen, bleibenden Bestandes. Wohl mag der Haupt-

grund, daß wir nur so wenige und langsame Veränderungen wahrnehmen, die ungeheure Entfernung sein, die uns von diesen trennt. Indes ist diese Entfernung jetzt nicht mehr so absolut unmeßbar, wie sie noch vor wenigen Jahren war; wir haben, wie sogleich gezeigt werden soll, von einigen wenigen Fixsternen die Entfernung ermittelt; es fehlt uns also nicht mehr an einem wenigstens wahrscheinlichen Maßstabe, um die scheinbaren Veränderungen, welche wir beobachten, auf wirkliche zu reduciren, und die Zeit ist vielleicht nicht so sehr entfernt, wo wir über die Gestalt der Fixsternwelt im Ganzen, wie über die ihrer einzelnen Gruppen, etwas Bestimmteres werden aussagen können. So viel indes scheint schon jetzt hervorzugehen, daß das allgemeine, die sämmtlichen Fixsterne vereinigende Band, verhältnismäßig nur ein schwaches sei, und daß die größeren und kleineren Gruppen, in die sie zerfallen, unter sich selbst eine sehr enge und bestimmte, mit dem Ganzen aber nur eine lockere Verbindung haben. Namentlich aber ist die Existenz eines allgemeinen Centralkörpers für alle Fixsterne sehr zweifelhaft, und zwar nicht nur weil wir keinen solchen wahrnehmen, sondern hauptsächlich deshalb, weil die bis jetzt wahrgenommenen Bewegungen nach zu verschiedenen Richtungen gehen.

XXII.

Die Fixsternparallaxen.

Den Begriff der Parallaxe im Allgemeinen haben wir bereits festgestellt, doch wird es gut sein, hier näher anzugeben, was unter Fixsternparallaxen zu verstehen sei. Wenn die Erde in ihrem Laufe um die Sonne ihren Ort im Weltraume än-

dert, und zwar so, daß sie je nach 6 Monaten um die doppelte Entfernung von der Sonne, oder 41 Millionen Meilen, von ihrem vorigen Orte entfernt ist, so muß auch die Richtungslinie, von der Erde zu einem Fixstern gezogen, eine andere Lage annehmen, folglich der scheinbare Ort des Fixsterns ein anderer sein. Nach einem Jahre, wo die Erde wieder zu ihrem vorigen Stande zurückgekehrt ist, müßte dann auch der Fixstern wieder zu seinem ersten Orte zurückgekehrt sein. Die Abweichung dieser verschiedenen Richtungslinien unter einander wird desto kleiner sein, je weiter der Fixstern entfernt ist, und er könnte möglicher Weise in einer so großen Entfernung stehen, daß die Veränderung der Richtungslinien (des scheinbaren Ortes) für unsere Wahrnehmung zu gering ist. Wäre z. B. der Fixstern 10 Millionen Mal weiter von uns entfernt als die Sonne, so würden auch die sorgfältigsten Messungen, mit den genauesten und kräftigsten Instrumenten angestellt, nichts von einer solchen Veränderung verrathen können.

Wie ein rother Faden ziehen sich die Bemühungen der Astronomen, diese von der Erdbewegung herrührende scheinbare Ortsveränderung, oder kürzer: die Parallaxe der Fixsterne zu finden, durch die Jahrhunderte hin. Der lebhafteste Wunsch eines endlichen Gelingens war der hauptsächlichste Antrieb, die Instrumente wie die Methoden fort und fort zu verbessern und zur Wahrnehmung immer kleinerer Unterschiede geschickt zu machen. Die Hoffnung, sie zu finden, mußte um so stärker sein, als man an eine so ungeheure Entfernung, wie sie sich jetzt wirklich herausgestellt hat, anfangs sicherlich nicht dachte. Die Vorstellung, daß die Erdfugel im Verhältniß zum Universum weniger sei, als das kleinste Sonnenstäubchen im Verhältniß zur Erdfugel, war dem Alterthume, war selbst noch einem Tycho und Kopernikus fremd, und dieser selbst

fand in der Nichtwahrnehmung der Fixsternparallaxe einen Einwurf gegen sein System, und zwar den gewichtigsten von allen.

Da die Größe der Parallaxe von der Entfernung abhängt und im umgekehrten Verhältnisse zu ihr steht, so ist auch die Erforschung der Parallaxe gleichbedeutend mit einer Messung der Entfernung, und ein ganz einfaches Divisions-
exempel führt von der einen in die andere. So ist beispielsweise bei einer Parallaxe von einer Minute (nach jeder Seite hin) die Entfernung 3438 Sonnenweiten oder etwas über 70,000 Mill. Meilen; bei einer zehnmal geringeren Parallaxe ist die Entfernung zehnmal größer; eine Parallaxe von einer Secunde führt auf 206,265 Sonnenweiten oder 4,200,000,000,000 Meilen Entfernung u. s. w.

Im 15. Jahrhundert konnte man die Beobachtungen noch nicht auf 10 Minuten verbürgen. Tycho brachte die Unsicherheit auf etwa 2' herab; die Errichtung fester Sternwarten in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts verkleinerte die Fehler bis auf 20, 15, 10 Secunden, und Bradley's Sorgfalt und Umsicht brachte es um die Mitte des 18. Jahrhunderts dahin, daß einzelne Secunden nicht mehr ein bloßer Zahlenprunk waren, sondern, in günstigen Fällen wenigstens, verbürgt werden konnten. Mit jedem dieser Schritte lebte die Hoffnung, endlich die Fixsternparallaxen zu finden, von Neuem auf, und jedes Mal schlug sie fehl. Auch unterließen die Gegner des Kopernikanischen Systems, so lange es deren in der wissenschaftlichen Welt noch gab, keineswegs, dieses Nichtauffinden der Sternparallaxen als einen Einwurf geltend zu machen; denn bewegte sich die Erde nicht, so konnte es natürlich keine Parallaxen in dem oben erklärten Sinne geben.

Herschel I. war es, der zuerst eine Idee aufstellte, die zwar nicht ihn selbst, wohl aber seine Nachfolger und Nach-

eiferer zu einem endlichen Gelingen geführt hat. Er bemerkte nemlich, daß viele kleinere Sterne sehr nahe neben andern größeren Sternen standen. Dies konnte nun allerdings daher rühren, daß sie wirklich nahe neben einander stehen, und die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Erklärung in den meisten Fällen die richtige sei. Aber es konnten auch eben so gut diese Sterne weit, sehr weit hinter einander stehen und gleichwohl ihre Richtungslinien zur Erde beinahe zusammenfallen. Wenn nun beispielsweise der eine Stern 10 Billionen Meilen entfernt ist, so hat er eine Parallaxe von 0",4. Ist der andere hundert Mal weiter entfernt, so hat er eine Parallaxe von 0",004, d. h. so gut als keine. Er muß also am Himmel ruhig stehen, während der andere, nähere, einen kleinen Kreis oder eine Ellipse um seinen mittleren Ort beschreibt.

Durch absolute Ortsbestimmungen nun kann man über eine Differenz von 0",4 zu keiner Sicherheit gelangen, wohl aber durch Mikrometermessungen, bei denen der eine Stern mit dem andern bloß verglichen, also nur der Unterschied ihrer Dörter gesucht wird. Denn sowohl die Distanz, als der Richtungswinkel beider auf einander bezogener Sterne muß sich in der Jahresperiode und nach einem bestimmten Gesetze ändern. Die ersten Beobachtungen dieser Gattung, welche Herschel anstellte, hatten diesen Zweck, doch bald überzeugte er sich, daß fast alle seine Doppelsterne nicht bloß scheinbar, sondern wirklich neben einander und in etwa gleicher Entfernung von uns ständen und folglich keine derartige Differenz zeigen konnten. Auch Herschel fand keine Parallaxen.

Nun hatten zwar inzwischen einige Astronomen, namentlich Piazzzi, Calandrelli und Brinkley, durch Vergleichung der absoluten Dörter, zu verschiedenen Jahreszeiten angestellt, Parallaxen mehrerer Sterne zu finden geglaubt;

auch waren noch mehrere andere Methoden in Vorschlag gebracht, zum Theil auch versucht worden. Aber andere Astronomen, welche mit noch besseren Hülfsmitteln dieselben Sterne untersuchten, gelangten zu einem verneinenden Resultate. Pord in Greenwich ließ, um auch die kleinste Bewegung und Veränderung in der Stellung des Instruments unmöglich zu machen, mehrere große Fernröhre mauerfest auf gewisse Sterne richten und beobachtete mit ihnen einige Jahre hindurch dieselben Sterne, deren Abstand vom Mittelfaden er mikrometrisch maß. Er erhielt für die Parallaxe so verschwindend kleine Differenzen, daß sich nichts aus ihnen schließen ließ.

Aus diesem Allen ging wenigstens so viel hervor, daß die Parallaxen der untersuchten Fixsterne noch unter einer Secunde sein müssen, doch wie weit darunter und wie nahe an Null, war nicht zu entscheiden. Endlich, im Jahre 1837, traten fast gleichzeitig zwei Astronomen, Struve und Bessel, mit Resultaten hervor, die sie durch eine lange Reihe höchst genauer Beobachtungen, nach Herschel's Methode angestellt, erlangt hatten. Struve hatte den Stern α Lyrae, der durch seinen starken Glanz sich auszeichnet, mit einem nahestehenden sehr schwachen verglichen, und fand die Parallaxe $\frac{1}{8}$ Secunde. Später setzte er sie auf $\frac{1}{4}''$ ($0'',2613$), und die neuesten Beobachtungen von Peters nähern sich wieder dem ersteren Resultate, das also noch etwas schwankend ist. $\frac{1}{8}$ Secunde führt auf 1,650,000 Sonnenweiten oder 35 Billionen Meilen.

Genauer ist das Resultat von Bessel, der den Stern 61 Cygni beobachtete. Er fand aus mehr als 400 Beobachtungen die Parallaxe $\frac{1}{3}''$ (bestimmt $0'',3483$) und ihre Unsicherheit kaum noch den 16. Theil dieser Größe. Schon früher hatten Arago und Matthieu nach einer weniger genauen Beobachtungsart sie auf $\frac{1}{2}''$ gesetzt; spätere

Beobachtungen haben Bessel's Angabe bestätigt. Hiernach wäre dieser Stern nahezu 600,000 Sonnenweiten von uns entfernt.

Kurz darauf erschienen die Beobachtungen von Henderson und Maclear über den Stern α Centauri und seinen Begleiter, wonach dessen Parallaxe $0'',9128$ mit einer Unsicherheit von etwa $0'',06$ gefunden worden ist. Hieraus ergeben sich 224,000 Sonnenweiten oder $4\frac{1}{2}$ Billionen Meilen. Endlich ist der Polarstern so häufig — auf den meisten Sternwarten weit über tausend Mal — beobachtet worden, und zugleich läßt er sich wegen seiner langsamen täglichen Bewegung so genau beobachten, daß schon Lindemann im Jahre 1816 einen Versuch machte, seine Parallaxe abzuleiten, und für sie $\frac{1}{7}$ Secunde fand. Ein ähnliches Resultat ergaben die Doppler'schen Beobachtungen, nemlich $\frac{1}{6}$ Secunde. Nun aber hat Peters in Pulkowa durch höchst genaue Beobachtungen an dem dortigen vor trefflichen Verticalkreise diese Parallaxe viel kleiner und gleichzeitig im Mittel aus allen zuverlässigern Beobachtungen, mit Berücksichtigung ihres Gewichts, diese Parallaxe $0'',076$ gefunden, wonach also der Polarstern 2,700,000 Sonnenweiten oder 57 Billionen Meilen von uns absteht.

So ist also nur für vier, oder wenn man die Begleiter der beiden Doppelsterne mitzählt, für sechs Fixsterne die Entfernung bekannt, und nicht mehr relativ unendlich. Das endliche theilweise Gelingen dieser großen Aufgabe setzt uns in den Stand, auch annähernde Schlüsse über die Quantität der an Fixsternen beobachteten Bewegungen und selbst über ihre Massen zu wagen. Der langen Ungewißheit ist ein Ende gemacht, der letzte Einwurf gegen die Erdbewegung, wenn es jetzt noch einer Widerlegung bedurft hätte, widerlegt und in den schlagendsten Beweis derselben verwandelt.

Um sich die obigen für die Parallaxen gegebenen Werthe

einigermassen vorzustellen, so denke man sich eine Kugel von einem Zoll Durchmesser, gesehen aus einer Entfernung von 18,700 Fuß, so hat man eine Größe, die der Parallaxe von α Centauri gleicht. Eine Kugel von einer Linie Durchmesser, aus derselben Entfernung gesehen, repräsentirt die kleinste der obigen Parallaxen, die des Polarsternes.

Was die Entfernungen betrifft, so ist eine Veranschaulichung noch schwieriger. Wir nehmen zuerst die Entfernung unseres Mondes, 60 Erdbahnmesser oder 51,800 Meilen, und merken uns, daß das Licht diesen Weg in $1\frac{1}{4}$ Secunde durchläuft. Von der Sonne bis zu uns braucht es 8 Minuten 18 Secunden, vom nächsten der obigen Fixsterne nahezu 4 Jahr, von dem entferntesten derselben 43 Jahr. Es mag noch einige Sterne geben, welche uns näher stehen, als der Polarstern, schwerlich aber einen, der näher als α Centauri stünde. Für die bei Weitem größte Mehrzahl der übrigen ist aber gewiß die Entfernung weit größer, und nicht unwahrscheinlich steigt die Zeit des Lichts für die entferntesten der teleskopischen Fixsterne auf einige tausend Jahre.

Dieser Maßstab des Lichts ist nun aber auch der einzige, bei dem die Zahlen, welche die Räume der Fixsternwelt ausdrücken, noch eine gewisse Uebersichtlichkeit behalten. Billionen und Trillionen lassen sich aussprechen, niederschreiben und berechnen, aber nicht mehr so recht eigentlich begreifen und überschauen. Bei diesen Abständen wird es denn auch begreiflich, daß die Fixsterne, selbst wenn sie noch viel größer als unsere Sonne wären, doch keinen störenden Einfluß auf den Lauf selbst der entferntesten Planeten haben. Es könnten selbst weit jenseit des Uranus in zehnmal größerer Entfernung Planeten kreisen, ohne daß eine solche Wirkung hervorträte. Ob aber nicht in sehr ferner Zukunft, wenn die Kometen von mehrtausendjähriger Umlaufzeit zu wiederholten Malen zurückgekehrt sind, die Astronomen ge-

nüßigt sein werden, auf die etwa durch α Centauri erlittenen Störungen einige Rücksicht zu nehmen — dies möchten wir nicht durchaus verneinen.

Durch solche Entfernungen wird nun auch die Langsamkeit der oben erwähnten Bewegungen begreiflich. Bei einer Parallaxe von $\frac{1}{10}$ Secunde repräsentirt eine Secunde einen Raum von zehn Sonnenweiten oder 207 Millionen Meilen. Soll die Bewegung eines Fixsterns der der Erde an wirklicher Geschwindigkeit gleich kommen, so muß sie, von der Erde aus direct gesehen, $6\frac{2}{7}$ mal so groß sein als seine Parallaxe. Nun beträgt

	Parallaxe.	Jährl. Bewegung.
für α Centauri	0, "9128	1, "077,
für 61 Cygni	0, 3483	5, 166,
für α Lyrae .	0, 2613	0, 371,
für Polaris .	0, 0760	0, 032,

so daß nur einer, 61 Cygni, an Geschwindigkeit die Erdbewegung um das $2\frac{1}{2}$ fache übertrifft, die übrigen 3 sich beträchtlich langsamer bewegen. Allerdings ist dieser Schluß nicht sicher; denn einmal kann die Bewegung in der That rascher sein, aber schräg gegen unsere Gesichtslinie gerichtet; andererseits sind in der jährlichen Bewegung zwei vereinigt, die wirklich eigene des Fixsterns und die sich darin abspiegelnde unserer Sonne. Dennoch mag diese Zusammenstellung, in Ermangelung vollständiger Daten, uns dienen, eine allgemeine Vorstellung von der Geschwindigkeit der Fixsternbewegungen zu geben und den Satz als sehr wahrscheinlich auszusprechen, daß sie, durchschnittlich genommen, nicht rascher, sondern eher langsamer sich bewegen, als die Planeten in ihrem Laufe um die Sonne.

Zugleich erhellt aus diesen Resultaten, daß die Fixsterne nicht eine absolut gleiche Helligkeit haben, und daß ihr verschiedener Glanz keineswegs von der verschiedenen Entfernung

allein herrühre. α Centauri und α Lyrae sind etwa gleich an Helligkeit für unsern Anblick, und doch ist letzterer wenigstens 3mal, vielleicht sogar 6—8mal weiter entfernt, als der erstere. 61 Cygni steht uns sogar näher als α Lyrae, und ist doch kaum von der 5ten Größe, während α Lyrae zu den glänzendsten der 1ten Größe gehört. Eben so ist Polaris $4\frac{1}{2}$ mal weiter entfernt als 61 Cygni, und dennoch ohne alle Vergleichung heller. Die absolute Helligkeit dieser 4 Sterne ist demnach höchst verschieden, und so dürfte auch wohl ihre Masse, wie ihr räumliches Volumen, große Unterschiede zeigen. Wir werden weiterhin noch bestimmtere Argumente gegen die von Einigen angenommene gleiche Größe der Fixsterne kennen lernen.

Nach dem, was wir jetzt über die Entfernung der Fixsterne wissen, darf uns ihr gänzlich unscheinbarer Durchmesser nicht Wunder nehmen. Wollten wir z. B. annehmen, der reelle von der Erde aus gesehene Durchmesser der oben aufgeführten Sterne wäre $\frac{1}{10}$ Secunde, so müßte

α Centauri	2000mal
61 Cygni	33,000mal
α Lyrae .	72,000mal
Polaris . .	3,400,000mal

unsere Sonne an Volumen übertreffen.

Wollte man ihn aber zu 1 Secunde (wobei er allenfalls meßbar wäre) annehmen, so müßte man die obigen Zahlen noch tausendfach vergrößern.

Gewiß giebt es viele Fixsterne, die größer, so wie andere, die kleiner sind als unsere Sonne. Aber für sehr unwahrscheinlich müssen wir es halten, daß Körper von so gewaltiger Größe sich im Weltenraume, und vollends unserer Sonne verhältnißmäßig nahe, befinden sollten. Die gegenseitige Wirkung so enormer Kugeln auf einander würde sich

in viel stärkeren Bewegungen verrathen, als wir in der That wahrnehmen.

Alle diese und noch viele andere hier nicht aufgeführte Schlüsse sind einzig die Frucht jener jahrhundertlangen Bemühungen, und wir dürfen als gewiß annehmen, daß schon nach wenigen Decennien die Zahl der Fixsterne von bekannter Entfernung erheblich zugenommen, und diese Entfernungen selbst genauer bestimmt sein werden. Aber der aus diesen Arbeiten hervorgegangene Gewinn beschränkt sich nicht allein auf das, was allen als endliches Ziel vorschwebte; auch viele andere wichtige, ungesuchte Resultate haben sich aus ihnen ergeben. Als die wichtigsten sind die von Bradley entdeckte Aberration und Mutation zu bezeichnen. Durch beide wird gleichfalls der scheinbare Ort der Fixsterne verändert, nur in ganz anderer Weise, als durch die Parallaxe. Die Aberration entsteht dadurch, daß der Lichtstrahl nicht auf ein ruhendes, sondern — mit der Erde — bewegtes Auge (oder Fernrohr) trifft. Ueberall, wo zwei Bewegungen zusammentreffen, vereinigen sie sich zu einer mittleren Bewegung, deren Richtung zwischen Parallelogrammes beschreibt. Die des aus ihnen gebildeten Parallelogrammes beschreibt. Die Erdbewegung ist nun zehntausendmal langsamer, als die des Lichts, und deshalb muß die aus beiden zusammengesetzte, fast, aber nicht völlig, in die Richtung der geschwinderen fallen. Die gleichwohl stattfindende Ablenkung macht sich aber im scheinbaren Ort der Fixsterne merklich. Auf eine ruhende Erde würde eine derartige Wirkung nicht stattfinden. Bradley fand diese Aberration, als er den Stern γ Draconis, der sehr nahe dem Zenith von Greenwich vorübergeht, in seinem Zenithsector beobachtete. Die Mutation dagegen besteht in einer Bewegung des jedesmaligen wirklichen Poles um den mittleren Pol, und sie hat, insofern sie vom Monde herrührt, eine Periode von $18\frac{2}{3}$ Jahren

(die Periode der Mondsknoten). Ein sehr kleiner Theil derselben hängt indeß von der Sonne ab, und hat eine Periode von $\frac{1}{2}$ Jahr. Eben so ist, was gleichfalls in der ursprünglichen Absicht nicht lag, die wichtige Entdeckung der physikalischen Doppelsterne dadurch merklich gefördert worden. So hat ein Problem, das, theoretisch betrachtet, zu den leichtesten und einfachsten der Astronomie gehört und keine einzige der Schwierigkeiten darbietet, welche fast alle übrigen so sehr verwickeln, der Praxis dagegen ein Jahrhundertlang unübersteigliches Hinderniß entgegenstellte, auf's Wesentlichste dazu beigetragen, die großen Fortschritte zu begründen, deren sich die heutige Himmelskunde rühmen kann. Gewiß war es eine der kühnsten Unternehmungen des Menschengesistes, einen irdischen Maassstab an die Himmelsräume zu legen, und vielleicht hätte er es nie oder doch weit später gewagt, hätte er im Voraus ahnen können, um welche Welten es sich hier handele. Ein Sokrates verzweifelte daran, das Unermessliche zu messen, und nannte es thörichte Zeitverschwendung. Alexandria's Astronomen gelang der erste Schritt, die Bestimmung der Entfernung unsers Trabanten. Der zweite war dem achtzehnten Jahrhundert vorbehalten, es maß die Entfernung der Sonne und gelangte so zur Kenntniß der Dimensionen des Sonnensystems. Der dritte und riesenhafte gelang erst im zweiten Drittel des neunzehnten. Aber einen wesentlichen Unterschied können wir nicht übergehen. Als man durch die Beobachtung der Venusdurchgänge, nach Halleys's sinnreichem Vorschlage, die Entfernung eines Gliedes des Planetensystems ermittelt hatte, waren dadurch gleichzeitig die Entfernungen aller übrigen gegeben; denn da Ein Hauptkörper sie sämmtlich regiert, so konnte nach dem längst bekannten Kepler'schen Theorem alles Uebrige berechnet werden, sobald eine einzige Entfernung gefunden war. Nicht eben so steht es mit den Fixsterndistanzen. Die Auffindung einer

Parallaxe lehrt uns nur die Distanz dieses einen Sterns kennen, und jeder einzelne muß aufs Neue untersucht werden, wenn man für ihn das gleiche Resultat erzielen will. Denn sollte auch die hohe Wahrscheinlichkeit, daß das Gesetz der Schwere ein allgemeines für das Universum sei, einst zur vollen Gewißheit erhoben werden; so würde doch unsere Unkenntniß der innern Constitution der Fixsternwelt, die ungeheuren Umlaufzeiten (falls jene Bewegungen sich wirklich auf geschlossene Bahnen beziehen), die bisher noch stets vergeblich gesuchten, vielleicht in der vermutheten Weise gar nicht vorhandenen Centrkörper selbst den spätesten Zeiten noch große Hindernisse entgegenstellen. Nur sehr allmählig werden wir auf diesem Felde fortschreiten, und noch manches kommende Jahrhundert wird auf sehr wichtige Fragen die Antwort schuldig bleiben müssen. Denn wie wenig hier mit Analogien geholfen ist, muß schon jetzt jedem Unbefangenen einleuchten. Unser Sonnensystem mit seinen einzelnen Partialsystemen bietet uns das Bild einer großartig einfachen, wohlgeordneten Monarchie. Nicht so einfach, wenngleich ohne Zweifel nicht minder wohlgeordnet, stellt sich uns die Fixsternwelt dar. Hier waltet keine Alleinherrschaft, hier überwiegt keine Centralmasse. Die Gegenseitigkeit der Wirkungen tritt viel bedeutungsvoller auf, als im Sonnensystem; die einzelnen Verbindungen zu Gruppen sind weniger isolirt, weniger eng geschlossen, und wenn wir das Sonnensystem mit einem monarchischen Staate verglichen haben, so erblicken wir in der Fixsternwelt ein Bündniß größerer und kleinerer, selbstständig in sich geordneter Republiken.

XXIII.

Die Doppelsterne.

Die wichtige Entdeckung der physischen Doppelsterne, die bereits im vorigen Briefe erwähnt worden, hat uns mit der untersten und einfachsten Art der Fixstern-Verbindungen bekannt gemacht, wenn man nemlich den ersten Anfang eines Wissens, das uns ein unendliches Feld in Aussicht stellt, schon eine Bekanntschaft nennen darf.

Schon die ersten Astronomen, welche regelmäßig und anhaltend die Fixsterne mit Fernröhren beobachteten: ein Hevel, Cassini, Flamsteed, hatten wahrgenommen, daß es einige Sterne gebe, die paarweise einander sehr nahe stehen, so nahe, daß in schwächeren Fernröhren und vollends mit bloßem Auge nicht zwei, sondern nur ein Stern an dieser Stelle zu stehen schien. Da man indeß nur 8 bis 10 solcher Paare kannte, und die Zahl der sichtbaren Fixsterne auch damals schon in die Hunderttausende ging, so dachte Niemand an etwas Anderes als an einen Zufall, der bei einer so großen Zahl ohne wahrnehmbare Ordnung vertheilter Sterne nicht ausbleiben konnte.

Ein Astronom, dessen Eifer und Thätigkeit leider nur durch geringe Hülfsmittel unterstützt ward, C. Mayer in Mannheim (nicht mit dem gleichzeitigen Tobias Mayer in Göttingen zu verwechseln), äußerte indeß schon 1772 die Meinung, daß diese Sterne doch wohl, größtentheils wenigstens, näher mit einander verbunden seien, und nicht bloß scheinbar sich nahe ständen. Er hatte gegen 100 solcher Sterne gefunden, die in der Nähe größerer standen, und er hielt sich für berechtigt, sie als Fixsterntrabanten zu bezeichnen. Seine Ansicht rief Entgegnungen hervor, deren

Ton der Astronomie nicht zur Ehre gereichte. Als ob es a priori feststände, daß nur dunkle Körper um andere laufen könnten, verächtigte und bespöttelte man seine Beobachtungen, und bewies weilsäufig, — woran weder C. Mayer, noch sonst ein Astronom zweifelte, — daß man die Planeten der Fixsterne von der Erde aus nicht sehen könne.

Noch war der unerquickliche Streit nicht vorüber, als Herschel I. seine Teleskope zur Durchmusterung des Himmels bezüglich dieser Sternenpaare anzuwenden begann. Seine staunenswürdigen Leistungen ließen bald alles Frühere der Vergessenheit anheim fallen. Mit einer Raschheit, die seine Zeitgenossen kaum zu Athem kommen ließ, folgte Entdeckung auf Entdeckung, und zugleich begnügte er sich nicht mit der Auffindung und einer ohngefähren Bestimmung, sondern er maß mit selbsterfundnen und selbstverfertigten Mikrometer-Apparaten ihre gegenseitige Stellung. Dieser außerordentliche Mann, Autodidakt im vollen Sinne des Wortes, vereinigte in sich den Mechaniker und Optiker, den Beobachter und Berechner, den philosophischen Forscher und glücklichen Darsteller. Wie Dürfel zu Newton, so verhielt sich C. Mayer zu ihm. Nie hat die Munificenz eines Monarchen edlere Früchte getragen, als dies bei Herschel der Fall war, den Georg III. mit reichen Mitteln zu unterstützen nicht müde ward.

Die große Anzahl (gegen 700) der von Herschel entdeckten und größtentheils auch gemessenen Doppelsterne mußte das wahre Verhältniß außer Zweifel stellen. So oft konnte ein ungewöhnlicher Zufall sich nicht wiederholen, wenngleich (wie auch die Erfahrung später bestätigt hat) in einem und dem andern Falle dies nahe Zusammengehören nur ein scheinbares, durch den Standpunkt der Erde bedingtes sein mochte. Auch hatte Herschel, als er nach zwanzig Jahren seine Beobachtungen wiederholte, die Befriedigung, schon bei meh-

rerer Sternen dieser Art Veränderungen der Stellung wahrzunehmen, die er ganz folgerecht auf Umlaufbewegungen bezog.

Nach Herschel fand sich zunächst Niemand, der seine Beobachtungen dieser Gattung fortgesetzt hätte; indeß waren wenigstens die Astronomen bei ihren Meridianbeobachtungen aufmerksamer auf diese Sternenpaare, und so wurden, namentlich von Bessel, abermals mehrere neue entdeckt. Absichtlich und als Hauptgegenstand seiner Forschungen nahm zuerst Struve diesen Gegenstand wieder auf. Die ungleich bequemere und zweckmäßige Aufstellung seiner Fernröhre und namentlich des großen Fraunhofer'schen Refractors, war seinen Forschungen günstig, und er brachte die Anzahl dieser Sternenpaare (worunter auch drei- und mehrfache sich befanden) auf mehr als 3000, eine ihm selbst unerwartete Zahl, wobei noch zu bemerken ist, daß er sich nur auf solche beschränkte, deren gegenseitiger Abstand nicht über 32 Secunden war, während bei Herschel mehrere vorkommen, deren Distanz über eine Minute beträgt.

Zu dieser großen Anzahl sind seit 1827 (wo er seine Hauptmusterung beendete), durch spätere Beobachtungen in Dorpat und Pulkowa, noch über 500 hinzugekommen, und John Herschel's Nachsuchungen am Cap haben ihm am südlichen Himmel über 1000 bis dahin unbekannte gezeigt. Die Zahl dieser Sternenpaare beträgt jetzt schon nahe an fünftausend, und es hat nicht den Anschein, als sei sie — auch selbst nur in Beziehung auf die jetzt vorhandenen Hülfsmittel — bereits vollständig.

Mit wenigen Ausnahmen sind sie auch bereits, und zwar die meisten, wiederholt gemessen, genauer als dies selbst Herschel möglich war, und diese Messungen werden, wenn auch bisher nur an wenigen Orten, eifrig fortgesetzt.

Aber dennoch welch' ein schwacher Anfang ist alles

dies im Verhältniß zu dem, was noch zu thun ist! Sollen uns diese Beobachtungen zu einer nähern Kenntniß jener Sternenpaare führen, so müssen sie so lange fortgesetzt werden, bis man im Stande ist, das Gesetz und die einzelnen Bestimmungsstücke — Elemente — der Bewegungen abzuleiten, die sie nach aller Wahrscheinlichkeit um einander beschreiben. Nun aber stellt sich heraus, daß der Zeitraum von 60—65 Jahren, der die Gegenwart von den ersten Herschel'schen Beobachtungen trennt, für die meisten dieser Doppelsterne noch zu kurz ist, um eine Veränderung wahrzunehmen, oder doch die etwa wahrgenommene zu verbürgen. Herschel hat aber, wie wir sehen, nur etwa den zehnten Theil der jetzt bekannten gemessen, für die meisten liegt die erste Epoche der Beobachtung im dritten oder vierten Decennium des 19. Jahrhunderts und selbst noch später. So ist es nicht zu verwundern, wenn man nur erst wenige Bruchstücke derjenigen Kenntnisse besitzt, deren sich spätere Jahrhunderte auf diesem Felde rühmen werden.

Die Leser werden wahrscheinlich nicht sehr geneigt sein, sich mit einer Anweisung auf künftige Jahrhunderte und Jahrtausende zu begnügen, und nicht ganz mit Unrecht die Forderung stellen, daß der Gegenwart von den großen Anstrengungen, die gemacht sind und fortwährend gemacht werden, wenigstens einige Resultate geboten werden möchten. Wir lassen daher unserer historischen Skizze diejenigen Data, welche bis jetzt gewonnen werden konnten, in einer allgemeinen Uebersicht folgen.

Die Doppelsterne sind Sonnen, welche sich gegenseitig um einander, d. h. um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, bewegen. In sehr vielen Fällen sind beide Sonnen an Glanz völlig oder doch sehr nahe gleich, so daß wir hier wohl nicht einen Centraikörper und seinen Trabanten, sondern zwei an Masse wenig verschiedene Sonnen erblicken. In

vielen andern Fällen ist allerdings der Unterschied merklicher, in einigen sogar sehr groß, so daß der kleinere Stern zum größern sich etwa wie der Mond zur Erde, oder wohl gar wie die Trabanten Jupiters zu ihrem Hauptkörper, verhalten mögen. Drei- und mehrfach gegliederte Systeme sind im Ganzen nicht häufig, kaum wie 1: 30. Doch mögen manche von ihnen drei- und mehrfach sein, ohne daß wir es wahrnehmen können. Ist der Glanz verschieden, so ist es auch gewöhnlich die Farbe. Die meisten Doppelsterne sind zwar zu lichtschwach, um in beiden Gliedern eine Farbe zu unterscheiden, und diese Farben selbst sind gewöhnlich nur sehr schwache Nuancen, die ein geübtes und für feine Farbenunterschiede empfängliches Auge erfordern. (Wenn einmal das im Allgemeinen mit einem höhern Farbenflaun begabte weibliche Geschlecht sich diesen Beobachtungen beharrlich widmete, so könnte dieser Theil unserer Doppelsternkunde erheblichen Gewinn daraus ziehen). Die gelbe, rothe, grüne Farbe gehört vorzugsweise dem helleren, die blaue und purpurne dem schwächeren Sterne an, doch mit manchen Ausnahmen.

Viele dieser Sterne stehen einander so nahe, daß selbst in den stärksten Vergrößerungen sie noch zusammenzuhängen scheinen und einen länglichten Stern bilden, und es zeigt sich, daß, je geringer die Distanz, desto geringer auch meistens der Unterschied des Glanzes ist. Bei einigen hat man eine Veränderlichkeit des Glanzes bemerkt, die in einem oder zwei Fällen so stark ist, daß wechselseitig der eine und der andere Stern als der hellere erscheint.

Veränderungen der gegenseitigen Stellung hat man bis jetzt an etwa 400 dieser Sternepaare wahrgenommen. Bei den meisten erstreckt sie sich nur über wenige Grade des Richtungswinkels, oder über einige Secundenthelle der Distanz. Doch giebt es Fälle, wo sie beträchtlich ist, und darunter 12—14, wo man den Versuch wagen kann, eine Bahn

nach ihren Elementen daraus abzuleiten, folglich auch die künftigen Veränderungen vorherzusagen. Schon im Jahre 1822 machte Savary einen ziemlich gelungenen Versuch, eine solche Doppelsternbahn zu bestimmen, und ihm sind Encke, Herschel II. und der Verfasser dieser Briefe gefolgt. Große Genauigkeit ist allerdings von diesen Elementen nicht zu erwarten: wir betrachten diese Bahnen aus zu großen Entfernungen, so daß die mittleren Halbmesser (bei den bis jetzt berechneten) uns höchstens unter einem Winkel von 5 Secunden erscheinen.

Ihre Form ist die elliptische, und zwar in den meisten Fällen mit einer ziemlich starken Abweichung vom Kreise, so daß diese Bahnen durchschnittlich den kometarischen näher als den planetarischen stehen. In der Lage der Bahnebenen (die freilich meistens am schwersten zu bestimmen ist), spricht sich kein allgemeines Gesez erkennenbar aus, selbst da nicht, wo (in den mehrfachen Systemen) zwei und mehrere Bahnen sich auf ein Centrum beziehen.

Die Umlaufzeiten in diesen Bahnen gehen von 36 bis 500 Jahren. Nur fünf von ihnen bedürfen zum Umlaufe weniger als ein Jahrhundert. Wenn nicht etwa unter den neuerdings entdeckten sich noch einige von kurzen Perioden ergeben, so dürfte die Zahl derselben nicht erheblich mehr wachsen. Denn die Größe der Umlaufzeiten ist gerade der Hauptgrund, weshalb wir noch so wenige erforscht haben. Ein verhältnißmäßig sicherer Schluß auf die Periode des Umlaufs läßt sich erst machen, wenn wenigstens ein Drittel oder die Hälfte des Umlaufs in die Beobachtungsperiode fällt. Da nun nur etwa, außer den berechneten, 20 Sterne gefunden werden, die seit Herschel's Zeit 30—60 Grade zurückgelegt haben, sowie noch einige andere, die seit den ersten Struve'schen Beobachtungen bis jetzt einen ähnlichen Bogen beschrieben, so werden wir selbst bei diesen Um-

Laufperioden von mehreren Jahrhunderten, und bei allen anderen solche von Jahrtausenden erwarten müssen. Die schwächsten der bis jetzt erkannten Bewegungen führen auf 10 — 15,000 Jahre, natürlich nur als vorläufige rohe Schätzung, da die Form der Bahn uns in solchen Fällen noch gänzlich unbekannt ist: im Allgemeinen aber gewiß nicht zu groß.

Wenn wir von 10—15,000 Jahren als einem Maximo gesprochen haben, so gilt dies natürlich nur von den (etwa 400) Doppelsternen, wo eine, wenn auch sehr schwache, Bewegung erkannt ist. Wir haben aber durchaus keinen Grund, diejenigen Doppelsterne, wo eine Bewegung noch nicht erkannt ist, deshalb aus der Reihe der Systeme auszuschließen. Vielmehr deutet der Umstand, daß beide Glieder des Paares die gleiche eigne Bewegung im Raume haben (wo nemlich diese eigne schon erkannt ist) sehr bestimmt auf eine nähere physische Verbindung, die wir uns nicht wohl anders vorstellen können, als in der Form einer Umlaufsbahn. Diese Bahnen nun werden, nach aller Wahrscheinlichkeit, noch längere, vielleicht sehr viel längere Perioden haben, als die der Doppelsterne mit erkannter Bewegung. So gelangen wir zu Zeiträumen, gegen welche die geschichtlich documentirte Dauer unseres Geschlechts als unbedeutend erscheint, und können nur wünschen, daß es unsern jetzigen Beobachtungen gelingen möge, sich durch die Jahrtausende hinüber zu retten bis zu jenen entfernten Nachkommen, denen es vergönnt sein wird, Bahnen von so großen Perioden zu bestimmen.

Wie wir schon oben gesehen haben, befinden sich unter den Doppelsternen zwei Paare, deren Parallaxe wir kennen. Bei einem derselben, α Centauri, besitzen wir noch kein hinreichendes Material, um eine gegenseitige Bewegung zu erkennen. Dagegen hat der Doppelstern 61 Cygni, dessen

Entfernung Bessel ermittelt hat, seit der ersten Bradley'schen Beobachtung in 90 Jahren etwa 65 Grade zurückgelegt, wobei die Distanz sich nicht merklich geändert hat, also etwas über $\frac{1}{6}$ des Umlaufs. Zu einer Bahnbestimmung im eigentlichen Sinne reicht dies nicht hin; doch aber zu einer vorläufigen nicht ganz willkürlichen Schätzung. Die Umlaufszeit mag 500 Jahre oder etwas darüber sein, bei einem mittleren Abstände von $16\frac{1}{2}$ Secunde scheinbarer oder 48 Sonnenweiten wirklicher Distanz. Ein Planet in diesem Abstände würde in 333 Jahren um die Sonne laufen. Daraus kann man weiter die Masse des Doppelsternes genähert ableiten; sie findet sich etwa $\frac{2}{5}$, höchstens $\frac{1}{2}$ der Sonnenmasse, welche Masse man auf zwei nicht sehr verschieden glänzende Sterne vertheilen muß — die erste Fixsternmasse, welche wir nicht mehr als ganz unbekannt zu betrachten haben. Die Geschwindigkeit der Bewegung in dieser Bahn (für beide Sterne zusammen genommen) ist etwa 20 Meilen in der Minute, 12mal langsamer, als die der Erde in ihrer Bahn um die Sonne, aber $2\frac{1}{2}$ mal schneller, als die des Mondes in seinem Laufe um die Erde.

Es ist uns noch nicht vergönnt, mehr als dieses Eine Beispiel nach bestimmten, vergleichbaren Zahlengrößen aufzuführen. Wenn wir aber für die Abstände der übrigen Doppelsterne von der Erde Annahmen wählen, wie sie einigermaßen wahrscheinlich sind, und sie nicht in Entfernungen rücken, welche die gemessenen Fixsternweiten viele hundert und selbst tausend Male übertreffen, so kommen auch bei ihnen Geschwindigkeiten der Bahnbewegung heraus, welche unter, ja weit unter der der Erde stehen. Das Nähere und Bestimmtere muß allerdings der Zukunft überlassen bleiben, und wir können als gewonnenes Resultat für jetzt nur Folgendes aufstellen:

„Die Geschwindigkeit der Doppelsterne in ihrer Bewe-

gung um einander ist eine verhältnißmäßige langsame und erreicht bei Weitem nicht die Geschwindigkeit der Planeten in ihrer Bewegung um die Sonne."

Wir können hinzufügen, daß sie auch beträchtlich langsamer sei als die eigne Bewegung, die wir an den Fixsternen überhaupt (einfachen wie doppelten) wahrnehmen, wie sich dies am directesten aus der Vergleichung der eigenen und der Bahnbewegung bei einem und demselben Doppelsterne ergibt. Bei ζ des großen Wären z. B. findet sie sich 22mal langsamer.

Unsere Sonne ist eine einfache, und steht mit keiner der übrigen in Doppelsternverbindung. Wollte man den nächsten Fixstern, α Centauri, um sie laufen lassen, so erhielte man eine Umlaufzeit von 100 Millionen Jahren, und bei 61 Cygni eine von 450 Millionen Jahren. Die jährliche eigene Bewegung der genannten Sterne müßte hiernach resp. $0'',002$ und $0'',00045$ sein, sie ist aber, wie oben erwähnt, $1'',077$ und $5'',166$, mithin 530 und 12,000 Mal stärker, woraus sich ohne Weiteres ergibt, daß ungleich gewaltigere Kräfte, als solche, die die Sonne noch in solcher Entfernung auszuüben vermag, in jenen Bewegungen sich wirksam erweisen.

Eben so mögen die meisten uns wahrnehmbaren Fixsterne einfache Sonnen sein, wie viele Doppelsterne es auch immerhin geben möge, die wir noch nicht als solche erkannt haben. Bis zur achten Größe herab ist etwa der dreißigste Stern ein uns bekannter Doppelstern; unter den helleren Sternen finden sich verhältnißmäßig mehr, als unter den schwächeren. Dies ist leicht optisch erklärlich; wenn man aber auch annehmen wollte, daß es unter den schwächeren Sternen im Verhältniß eben so viel als unter den hellern gebe, und nur die meisten derselben uns nicht wahrnehmbar sind, so würde doch nur der 8. bis 10. Theil sämmtlicher

Sterne doppelt sein. Unter den 18 Sternen erster Größe finden sich 3, unter den 55 Sternen zweiter Größe 6 Doppelsterne. Von der 4. abwärts werden sie merklich seltener.

Viele Sterne mögen übrigens physisch verbundene Doppelsterne sein, die wir der größern scheinbaren Distanz wegen nicht zu ihnen zählen, ihnen wenigstens bis jetzt nicht die Aufmerksamkeit geschenkt haben, wie denen innerhalb $32''$ Distanz. Struve hat dies bereits theils aus ihrem verhältnißmäßig häufigen Vorkommen, theils aus der Gemeinschaft ihrer eigenen Bewegung für die Mehrzahl der Sterne, die nicht unter der 7. Größe stehen und nicht über 2 Minuten Distanz haben, dargethan; allein wenn wir schon bei den oben betrachteten enger verbundenen auf sehr große Umlaufzeiten kamen, so wird man bei diesen durchschnittlich noch größere erwarten müssen. Bis jetzt sind die wenigsten derselben auch nur einmal durchgemessen, allein auch wo dies bereits von Herschel und Struve geschehen ist, wird man es begreiflich finden, daß noch keine Bahnbewegung sich in ihnen verrathen hat. Hier wird die Zukunft noch Alles thun und bei den meisten selbst noch den ersten Anfang machen müssen.

Diese Verbindungen sind nun die einfachsten, welche das Fixsternheer uns darbietet; die untersten Glieder in der Kette von Systemen, welche wir hier zu vermuthen haben. Ziemlich müßig ist die Frage, ob um diese Doppelsterne, wie um die einfachen Sonnen, sich auch dunkle Körper, beispielsweise Planeten und Kometen, zu einem Systeme gruppiren. Wie viel ihrer auch vorhanden sein mögen, sie können nie Gegenstand unserer directen Beobachtung werden. Die Möglichkeit ihrer Existenz ist eben so wenig als die entgegengesetzte zu bestreiten. Wahrscheinlichkeitsgründe von erheblichem Gewicht haben uns, bei der Betrachtung der Fixsterne im

eine Beziehung zu andern, so daß man annehmen muß, diese eremitischen Glieder des Kosmos seien, mit Ausnahme der allgemeinen Verbindung der gesammten Fixsternwelt (soweit eine solche besteht) in keine andere eingegangen.

Die Beschaffenheit dieses allgemeinen Verbandes ist uns übrigens noch völlig räthselhaft. Da kein uns sichtbarer, oder auf andere Weise erkennbarer Himmelskörper Anspruch auf den Rang eines allgemeinen Centralkörpers zu haben scheint, so fragt es sich, ob ein System ganz ohne Hauptkörper gedacht werden könne, zumal ein so vielgliedriges? Die Bedingungen des Gleichgewichts fordern es allerdings nicht, nur scheint es, daß in einem solchen System im weitern Sinn keine eigentlichen Umlaufsbahnen, sondern nur gegenseitige Bewegungen in Folge der gemeinschaftlichen Wirkung sämmtlicher Fixsterne auf einander stattfinden könnten, welche Bewegungen nur in besondern Fällen Aehnlichkeit mit wirklichen Bahnen haben werden. Auf diese Weise würden isolirte Sonnen, Doppel- und mehrfache Sterne, kleinere und größere Partialgruppen die Bestandtheile bilden, aus denen die Welt der Fixsterne besteht: ein ungeheures Ganze, das aber dennoch, weit entfernt für sich allein das Universum auszumachen, wieder nur der einzelne Theil, das einzelne Glied einer noch höhern Ordnung zu sein scheint. Der nachfolgende Brief wird die Thatfachen aufstellen, welche zu einer so kühnen Behauptung berechtigen; wir werden sehen, daß selbst der Maasstab des Lichts, mit dem wir es wagten, die Fixsternräume zu durchmessen, uns abermals zu jenen hohen Zahlen führt, die wir durch ihn vermeiden wollten, und daß die Grenze der Welt ein Begriff sei, dem in dem Bereich unserer Kenntnisse nichts Wirkliches entspricht.

XXIV.

Die Milchstraße und die Nebelflecke.

Wir deuteten schon am Schlusse des vorigen Briefes darauf hin, daß die Grenzen unserer Fixsternwelt, auch die nur teleskopisch sichtbaren mit inbegriffen, nicht als die des Universums anzusehen seien, wie weit sie sich auch immerhin erstrecken mögen. Dies näher nachzuweisen, und, so weit als es dem Sterblichen vergönnt ist, in die räumliche Unermesslichkeit vorzudringen, soll gegenwärtig unser Zweck sein.

Wir erblicken in heitern Nächten einen großen matt-schimmernden Lichtbogen, der, gegen die Fixsterne stets dieselbe Lage behaltend, von Horizont zu Horizont reicht, und sich — was sich freilich auf einer Erdoberfläche nicht allein entscheiden läßt — um den ganzen Himmel, fast in der Gestalt eines größten Kreises, herumzieht. Dem Südpol kommt er jedoch etwas näher als dem Nordpol; auch gewahrt man leicht, daß er weder überall gleich breit, noch von gleich starkem Glanze ist, ja daß er stellenweise doppelt zieht. Auf der südlichen Halbkugel sind diese Abweichungen und Ungleichheiten noch auffallender, als auf der nördlichen.

Via lactea, Milchstraße, ist der althergebrachte Name für diesen Lichtbogen. Längst hat man das Unpassende desselben gefühlt und Sternengürtel oder ähnliche in Vorschlag gebracht; doch Sternschnuppe, Nebelfleck und manche andere sind wenig besser, und was kann zuletzt der Name schaden?

Schon früh im Alterthume gab es Forscher, welche die Meinung äußerten, diese Milchstraße bestehe aus einer Anzahl so entfernter Sterne, daß wir sie nicht mehr einzeln, sondern nur ihren vereinigten Schimmer wahrnehmen könnten.

Die ersten Fernröhre zeigten sich in dieser Beziehung auch noch ziemlich unkräftig, und erst den lichtstarken Teleskopen des 18. Jahrhunderts war es vorbehalten, die erwähnte Ansicht zur Gewißheit zu erheben. Insbesondere hat Herschel 1. sich diesem Gegenstande eifrig gewidmet und die einzelnen Regionen der Milchstraße untersucht. Er findet, daß sie aus einer von ihm auf 18 Millionen geschätzten Zahl sehr feiner teleskopischer Sterne bestehe, daß aber außer diesen kleinsten Sternpunkten auch die Zahl der größeren und helleren — wenigleich noch teleskopischen — Sterne auf dem Grunde der Milchstraße und in deren Nähe ganz ungleich größer, als in andern Gegenden des Himmels sei; endlich, daß viele Theile der Milchstraße auch selbst in den stärksten Teleskopen noch immer einen weißlichen Lichtschimmer zeigen, der nicht deutlich in Sterne aufgelöst werden könne.

Er hält dafür, daß unsere Sternenvelt keine sphärische, sondern eine sehr flachgedrückte (linsenförmige) Gestalt habe, und daß die Milchstraße die äußersten Ranten dieser Linse bezeichne. Das Sonnensystem, zu dem wir gehören, befände sich nicht in der Mitte dieser Linse, doch aber nicht sehr weit von ihr entfernt. In diesem so umschriebenen Raum könne man sich die Fixsterne und Fixsterngruppen beiläufig gleich dicht vertheilt gedenken, allein für unsern Anblick müsse nothwendig nach den Ranten der Linse hin ein ungleich dichteres Gedränge von Sternen entstehen, als nach den Polen derselben, wo sich auch in der That eine verhältnißmäßige Leere zeigt. Setzen wir uns in Gedanken in das Innere einer Waldstrecke, die 20mal so lang als breit ist, so wird man nach der Richtung der Breite hin noch alle Bäume einzeln unterscheiden können, nach der Richtung der Länge aber nicht mehr, und man wird ein Bild der Fixsternwelt mit Inbegriff der Milchstraße haben.

Indeß muß man eingestehen, daß diese Erklärung wohl

dem Phänomen im Allgemeinen, nicht aber seinen Einzelheiten Genüge leiste. Einmal nemlich ist der Zug der Milchstraße zwar nicht ganz scharf, doch aber immer schärfer begrenzt als diese Ansicht zu gestatten scheint; sodann aber steht der stellenweise doppelte Zug — mit einem verhältnißmäßig dunklen Zwischenraume — die sehr ungleiche Breite, die in der südlichen Hemisphäre an einigen Stellen davon auslaufenden Seitenäste einer einfach linsenförmigen Gestalt des Ganzen entgegen, was auch bereits Herschel erkannte und deshalb eine zusammengesetztere Form vermuthete.

Vielleicht ließe sich das Räthsel in folgender Weise lösen. Die Fixsternwelt, vorläufig mit Ausschluß der Milchstraße, ist ein, wenn auch nicht sphärischer, doch von der Kugelgestalt nicht so sehr abweichender Haufen, und wir befinden uns seiner Mitte näher, als seinen Grenzen. Diesen Haufen nun umgibt in einiger Entfernung ein großer Sternengürtel, nicht einfach und gleichmäßig, sondern, wie das Ringsystem Saturns, aus mehreren ungleichen und etwas verschiedenen Ebenen angehörenden Ringen bestehend. Wir sehen diese Ringe theils hinter einander als einfachen Zug, theils neben einander, da wo ihre Ebenen nicht zusammenfallen. Aus großen Fernen betrachtet, würde demnach das Ganze ein ähnliches Bild wie Saturn darbieten, mit dem wesentlichen Unterschiede, daß nicht die in der Mitte befindliche Kugel oder Sphäroid, sondern der oder die Ringe den hauptsächlichsten Theil des Ganzen ausmachen; denn während Herschel der Milchstraße 18 Millionen einzelner Sterne giebt, kann man die Zahl der übrigen, dem Innern angehörenden Sterne höchstens auf 3 bis 4 Millionen setzen.

Sei dem nun wie ihm wolle, immer wird die Milchstraße gedacht werden müssen als in näherem oder entfernterem Zusammenhange mit unserer Fixsternwelt befindlich und also zu ihr gehörend. Von der Ausdehnung dieser

Gesamtheit möchte es schwer sein, sich eine bestimmtere Rechenhaft zu geben: nach dem, was wir über die Entfernung der nächsten Fixsterne jetzt wissen, dürfte die Zeit des Lichts, von den entferntesten Theilen der Milchstraße bis zu uns, auf mindestens 4000 Jahre anzuschlagen sein.

Nun aber gewahrt das hinreichend bewaffnete Auge noch zahlreiche Stellen am Himmel, die einen blassen Lichtschimmer zeigen, und in der verschiedensten Gestalt und Größe. Wir kennen, fast allein durch Herschels und seines Sohnes Bemühungen, gegen 2500, von denen aber kaum der vierte Theil in andern als Riesenteleskopen sichtbar ist. Nur zwei oder drei von ihnen gewahrt das bloße Auge, und die sorgfältigsten Untersuchungen Messiers, der vor Herschel sich diesen Forschungen widmete, hatten die Zahl doch nur auf 102 gebracht. Einige von ihnen, wie der Orion-Nebel, haben sonderbare, schwer zu beschreibende Formen, in denen sich nichts Regelmäßiges zeigt; bei sehr vielen läßt sich der großen Lichtschwäche wegen eine bestimmte Form gar nicht erkennen; wo dies aber möglich ist, findet man doch die runde, und nächst dieser die länglicht elliptische Form als die vorherrschende. Einige, wie der helle Nebel in der Andromeda, erscheinen an den Enden gleichsam zugespitzt, andere in Form von langen schmalen Streifen. Bei mehreren zeigt sich eine Verdichtung nach der Mitte zu, entweder allmählig, oder so, daß die Mitte wie eine Art Kern erscheint. Einige Nebelflecke sind ringförmig, und in einem Falle zeigt sich ein Ring auf der einen Seite einfach, auf der andern doppelt. Bei den rundlichen ist häufig nicht die Mitte, sondern eine Seite heller als das Uebrige, und eben so ist oft eine Seite schärfer begrenzt, die andere dagegen verwaschen. Eine scharfe Grenze zeigt sich überhaupt nur bei wenigen (Herschel nannte sie planetarische Nebelflecke); doch hat man sich nie eine so bestimmte, wie bei Planetenköpfen, vorzu-

stellen, und die Bestimmung der scheinbaren Größe bleibt in den meisten Fällen sehr mißlich. Veränderungen der Gestalt oder des Ortes sind noch nicht wahrgenommen worden.

Bei mehreren gewahrt man, und zwar ohne viele Mühe, einzelne Fixsterne, theils auf ihrem Grunde, theils an ihrem Rande oder doch hart in ihrer Nähe, wobei sich allerdings nicht entscheiden läßt, ob diese Nähe blos optisch oder physisch sei; in den meisten Fällen ist das Erstere wahrscheinlich. Dagegen gelingt es nur in seltenen Fällen und mit den kräftigsten Teleskopen, den Nebelfleck in Sterne aufzulösen. Wo es indessen gelingt, da gewährt das Gebilde einen unbeschreiblich prachtvollen Anblick. Ein Nebelfleck im Fernrohr zeigt bei der Auflösung 6—10,000 im Fernrohr gleichzeitig sichtbarer Sterne, deren Gedränge in der Mitte so dicht wird, daß zuletzt Alles in einen Lichtball zusammenfließt. Einzelne Sterne heben sich soweit hervor, daß sie allenfalls eine Messung gestatten. In andern Fällen gewahrt man einen Haufen von Punkten wie feiner Sand, so daß man nicht im Stande ist, einzelne Punkte festzuhalten, sondern sich mit dem Totaleindruck begnügen muß. In noch andern Fällen einer theilweisen oder völligen Auflösung zeigt sich ein einzelner hellerer Stern in der Mitte, röthlich oder gelblich. Manche Nebelflecke bieten unter den günstigsten Umständen ein gleichsam wolkenartiges Ansehen, eine Andeutung der Auflösbarkeit, wenn man noch stärkere Hülfsmittel anwenden könnte, doch ohne daß die Auflösung selbst gelingt. Aber selbst mit Hinzurechnung dieser letzteren Theil der übrigen, höchstens 2—3 Procent, und die große Masse der übrigen, unter denen sich auch mehrere sehr helle und große befinden, zeigt keine Spur einer Auflösbarkeit.

Man muß hiervon diejenigen Sternhaufen unterscheiden, die zwar dem bloßen Auge als neblige Lichtflecke erscheinen,

jedoch schon in ganz mäßigen Fernröhren dieses Ansehen verlieren und sich als dichtgedrängte Sterngruppen gewöhnlicher Art darstellen, wie etwa Präsepe des Krebses, und eben so die Nebelsterne, die besonders im Orion häufig sind, und wo ein oft selbst dem bloßen Auge sichtbarer Stern mit einem nebligen Schimmer, wie mit einer Atmosphäre, umgeben ist: eine Erscheinung, die in manchen Fällen bloss optisch sein mag.

Die Vertheilung der Nebelflecke am Himmel ist überaus ungleich. Während einige Gegenden, wie der nördliche Theil der Jungfrau, förmlich von Nebelflecken wimmeln und viele von ihnen sich zu Doppel- und mehrfachen Nebeln gruppiren, bleiben andere Regionen von ihnen völlig leer. In der Nähe der Milchstraße sind sie meist seltner, als anderwärts. Doch kann man hierüber noch keine bestimmteren Angaben machen, da viele Gegenden des Himmels noch wenig untersucht sind, auch in höheren Breiten nicht wohl untersucht werden können, da hierzu eine völlige Nachtdunkelheit gehört, welche bei uns die Sommernächte nicht mehr gewähren.

Was sind nun diese Körper? Zu unserer Fixsternwelt, wie wir sie im Vorigen geschildert haben, gehören sie allem Anschein nach nicht. Alles deutet auf eine noch viel größere Entfernung, als alle bisher betrachteten. Versetzen wir uns in Gedanken außerhalb der Grenzen unserer Fixsternwelt, und entfernen wir uns immer weiter von ihr, so werden wir anfangs eine große, weitverbreitete Masse von Sternen erblicken; bei größerer Entfernung wird der Umfang sich verkleinern und man wird nicht mehr alle einzelnen unterscheiden; bei noch größerer werden wir, falls wir nach der Richtung der Pole der Milchstraße hin uns entfernen, einen ringförmigen, theilweise noch ausdehnbaren Nebelfleck; falls wir aber nach der Richtung der Milchstraße selbst gehen, einen länglichen Nebelfleck erblicken; endlich in größ-

ster Entfernung wird sich ein unbestimmter Lichtschimmer zeigen, dem keine bestimmte Gestalt, keine einzelnen Theile mehr abzugewinnen sind. Hieraus mögen wir abnehmen, was wir von diesen Körpern zu halten haben.

Unsere Fixsternwelt, die Milchstraße mit eingegriffen, ist, trotz ihres ungeheuren Umfangs, doch nur eine Weltensinsel im Ocean der Himmelsräume. Tausende und aber Tausende ähnlicher Weltensinseln liegen außerhalb, weit außerhalb derselben. Die nächsten von ihnen verrathen uns noch etwas von ihrem Innern, und lassen uns ihre leuchtendsten Glieder in den mächtigsten Teleskopen einzeln wahrnehmen. Die entfernteren jedoch zeigen uns nichts mehr, als ihren vereinigten Schimmer, und vergebens mühen wir uns ab, von ihnen etwas mehr zu erforschen, als die Ueberzeugung von ihrer Existenz. Noch entferntere mögen uns noch ganz verborgen sein, und erst künftigen kräftigeren Instrumenten sich darstellen.

Nicht unerwähnt können wir hier eine Meinung lassen, für welche sich zu viele und zu gewichtige Namen ausgesprochen haben und die in der That Vieles für sich hat. Nach ihr wäre die Unauflöslichkeit der Nebelflecke, zum großen Theile wenigstens, keineswegs eine bloss subjective. Sie beständen vielmehr gar nicht aus Fixsternen, sondern gleichsam aus Weltenstoff, aus chaotisch verbreiteter und verdünnter Masse, aus der etwa in Zukunft, durch einen Proceß analog demjenigen, durch welchen auch unser Sonnensystem sich gebildet haben mag, einzelne Sterne sich zusammenballen dürften. Die Schöpfung sei kein abgeschlossener Act, sondern ein fortwährendes Wirken; neben ausgebildeten Sonnen- und Fixsternsystemen gebe es andere, die erst in der Ausbildung begriffen seien, und noch andere, wo diese Ausbildung noch gar nicht begonnen. Man kann diese Ansicht noch dadurch unterstützen, daß wir ja eigentlich schon

von unserer eigenen Fixsternwelt den gegenwärtigen Zustand nur insofern erblicken, als angenommen werden darf, er sei demjenigen gleich, welcher zu der Zeit stattfand, wo der jetzt unser Auge treffende Lichtstrahl vom Sterne ausging. Für so ungeheure Fernen ist diese Zeit eine überaus große, und die 2 Millionen Jahre, welche Herschel als die Zeit des Lichts für den entferntesten, in seinem Teleskop noch sichtbaren Nebelfleck annimmt, sind allem Anschein nach nichts weniger als übertrieben. Es könnten also gar wohl gegenwärtig jene Massen in einem viel weiter vorgeschrittenen Bildungszustande sich befinden, als wir sie erblicken, und unsere eigene Fixsternwelt habe möglicher Weise in einer so fernen Vorzeit in einem ähnlichen chaotischen Zustande sich befunden.

Wir bekennen, einen erheblichen Einwurf gegen diese Ansicht nicht aufstellen zu können. Einige Schwierigkeit dürfte es machen, so dünn zerstreute Materie gleichwohl mit einem so starken eigenen Lichte leuchten zu lassen, daß uns noch ein Schimmer zu Theil wird. Allein bei unserer Unbekanntschaft mit der Natur dieser Urmaterie ist dies kein haltbarer Gegengrund. Da sich indeß die Unauflöslichkeit der Nebelflecke auch ohne eine solche Annahme erklären läßt; da ferner eine jede Masse, ausgebildet oder nicht, einen Gleichgewichtszustand bedingt, ein solcher aber für nicht feste Körper stets eine symmetrische Form voraussetzt: so müßte man wenigstens alle diejenigen Nebelflecke, welche eine solche symmetrische Form ganz bestimmt nicht zeigen, einen bereits ausgebildeten, consolidirten Zustand annehmen; mögen sie uns auflöslich sein oder nicht. Für die übrigen — und ihrer ist allerdings die bei Weitem größere Zahl — wird die Entscheidung ausgesetzt werden müssen. Wir haben von dem, das Herschel'sche weit übertreffenden Rosse'schen Teleskop, das nach 15jährigen Bemühungen des Besitzers

endlich zu Stande gekommen und aufgestellt worden, manche neue Aufschlüsse über diesen schwierigen Punkt zu erwarten. Wenn mit jeder neuen Vervollkommenung unserer Werkzeuge im entsprechenden Verhältniß neue, bisher unaufzulösende Nebelflecke aufgelöst werden, ohne daß sich uns eine nicht überschreitbare Grenze offenbart, so muß die erwähnte Ansicht allmählig an Wahrscheinlichkeit verlieren. Der Zukunft also ist die große Frage anheimgestellt.

Wir sind so tief in die Unermeßlichkeit eingedrungen, als es uns irgend vergönnt war; wir haben die ältesten Zeugnisse vom Dasein der Materie (wie Humboldt sie nennt) vor unserm Auge vorübergeführt. Da wir nicht weiter vordringen, nichts Bestimmteres weiter zu erforschen vermögen; da wir hier augenscheinlich, zwar nicht die Grenzen der Schöpfung, doch aber die Grenzen unseres Wissens erreicht haben, so wollen wir zurückkehren und unsere Erde wieder aufsuchen, dieses Pünktchen im Raume, das man früher mit dem Namen Welt beehrte. Nur Eine Vergleichung sei uns in dieser Beziehung noch gestattet. Die Forschungen im Mikrokosmos, die in neuerer Zeit zu nicht minder wichtigen Aufschlüssen geführt haben oder zu führen versprechen, die mikroskopischen Untersuchungen der feinsten Zellgewebe in den organischen Naturkörpern, haben uns unter Anderem auch mit der kleinsten sichtbaren Größe bekannt gemacht. Ein Körper von $\frac{1}{3000}$ Linie Durchmesser ist noch als bestimmter Punkt wahrnehmbar. Dieser kleinste der mikroskopischen Punkte, mit der Erdfugel verglichen, ist beträchtlich größer, als die Erdfugel, mit den Räumen verglichen, die uns von den entferntesten Nebelmassen trennen. Sucht man die Anzahl der Erdfugeln, welche den uns aufgeschlossenen Weltenraum anfüllen könnte, so erhält man eine Zahl von sieben und vierzig Ziffern, wogegen die Summe jener Pünktchen, welche den Raum der Erdfugel füllt, durch eine Zahl von

ein und vierzig Ziffern darzustellen ist. Damit sei es genug.

XXV.

Die Aufgabe der künftigen Himmelsforschung.

Gewiß ist nichts schwieriger, als die verschiedenen Zeitalter, welche das Menschengeschlecht auf Erden durchlebt hat, ihrem Werthe nach mit einander zu vergleichen, sofern man nicht eine oder die andere Richtung der Bestrebungen, sondern die gesammte menschliche Entwicklung überhaupt zum Maaßstabe der Vergleichung nehmen will. Leichter dürfte die Antwort sein, wenn wir die Frage enger begrenzen, und kaum dürfte sich noch eine Stimme des Zweifels erheben, wenn wir behaupten, daß zu keiner Zeit die Naturwissenschaften so gründlich getrieben, so richtig in ihrer wahren Stellung und Bedeutung erkannt, mit einem Worte so hoch gehalten wurden, als gegenwärtig. Nie war ihre Verbreitung so allgemein, ihre Anwendung so mannichfaltig, die ihnen zu Gebote stehenden Mittel so großartig, als dies jetzt der Fall ist. Auch die gebildeten Völker der Vorzeit hatten nie eine so tiefe Einsicht in dieselben erlangt, noch ihren innern Zusammenhang überschaut. Mit einzelnen welt-historischen Entdeckungen auf diesem Gebiete kann zwar fast jedes Jahrhundert in die Schranken treten; einzelne Namen, die zu einer allgemeinen Berühmtheit gelangten, haben fast keiner Generation gefehlt, ja der Nimbus, mit dem die Bewunderung der Zeitgenossen sie umgab, kann von keinem der Zeitlebenden mehr in Anspruch genommen werden, und so könnte es einem oberflächlichen Beobachter scheinen, als

erzeuge unsere Zeit nicht mehr so große Männer als früher. Gleichwohl würde sich dies sehr bald als eine Täuschung ergeben und das Resultat dürfte sein, daß Alles zusammen-genommen, was die früheren Zeiten erforscht haben, gegen die Leistungen der Jetztwelt unbedeutend erscheine.

Denn was war es, was den Erfinder des Compasses, des Schießpulvers, des Fernglases so hochberühmt machte und das Staunen der Zeitgenossen erregte? Verfolgen wir die Geschichte dieser Erfindungen, so weit sie zu uns gelangte, so finden wir, daß die Urheber selbst sich keine genaue Rechenschaft über die innere Natur dessen, was sie zu finden so glücklich gewesen waren, zu geben vermochten; und daß noch viel weniger die Zeitgenossen im Stande waren, ein richtiges Urtheil zu fällen über den Gewinn, der der Wissenschaft zu Theil geworden. Nicht eine deutliche Einsicht, sondern gerade umgekehrt, der fast gänzliche Mangel einer solchen veranlaßte jenes dumpfe Verwundern, das sich in noch früheren Zeiten bis zur Vergötterung steigerte. Die allgemeine Finsterniß war es, die die einzelnen Glanzpunkte nur um so strahlender erscheinen ließ.

Und wie war es anders möglich in einem Zeitalter, wo es eine selbstständige Naturforschung noch gar nicht gab; wo das, was man Wissenschaft nannte, aus isolirten That-sachen bestand, deren Darstellung im fremden Idiom schwer-fällig einherschritt, und wo nur äußerst wenigen Eingeweihten der Zutritt zum Tempel verstatet war; wo mit wenigen Ausnahmen das Wissen keinen Einfluß auf das Leben der Gesammtheit äußerte, und also keine Anregung durch dasselbe erfuhr? Die Wissenschaft des Arztes, fast die einzige, mit Sorgfalt gepflegte (weil unbedingt nothwendige), mußte, wie wenig sie sich auch dazu eignen mochte, Jahrhunderte lang allen übrigen Bestrebungen zur Stütze dienen. Wir sehen den Mathematiker und Astronomen umgeben von den

Apparaten des Heilkünstlers, denn unter allen den Himmliſchen vermochte Aeſculap es allein, ſeinen Jüngern Reichthum und Ehre zu geben, und nur als Arzt war der Forſcher vor dem Hungertode geſichert. Aber wenn er es auch über ſich vermocht hätte, dem Mangel und der Verachtung Troß zu bieten und ſich in ſein inneres Heiligthum zu flüchten: wer ſchützte ihn vor Verfolgung, ja vor Ketten und Scheiterhaufen? Es war jene von Manchem zurückgewünſchte Zeit, wo eine althergebrachte theologische Exegeſe in ſtolzer Ruhe ſich breit machen durfte, ungenirt vom kopernikaniſchen Weltſyſtem wie von geologiſchen Forſchungen; wo Alchymie ihre Zauberkreiſe auf einem Felde zog, das die Chemie noch nicht in Beſitz genommen hatte; wo Astrologie der Deckmantel war, unter dem die ſchwärzterne Himmelsforſchung ſich verbarg; wo jedes fremde Land für ein Land der Wunder galt, und Niemand ſich verrechnete, der auf die Leichtgläubigkeit und Curioſitätsſucht der Maſſe ſpeculirte.

Dem achtzehnten Jahrhundert gebührt die Anerkennung, dieſe ſchmähhichen Feſſeln abgeſchüttelt zu haben, an denen ſchon das ſiebzehnte ſtark gerüttelt hatte. Damals hatte die Wiſſenſchaft harte Kämpfe zu beſtehen, doch ſie liegen hinter uns und der Sieg iſt errungen. Es galt, die Naturwiſſenſchaften zu emancipiren und gleichzeitig ſie zu läutern, ſelbſtſtändige Grundlagen für ſie zu ſchaffen, um nicht länger jenes demüthigen Anklammerns zu bedürfen; es galt, ſich ein eigenes Beſitzthum zu erobern, ſtatt als eine Magd im fremden zu dienen. Vergleichen wir den Schluß des achtzehnten Jahrhunderts mit ſeinem Anfange, ſo gewinnen wir ein höchſt erfreuliches, wenngleich noch immer mannichfach getrübbes Bild. Nicht bloß die Maſſe des Wiſſens hatte ſich vermehrt: ein weit höherer Gewinn war es, daß die einzelnen Beſtrebungen ſich verallgemeinerten, daß man auf inneren Zusammenhang bedacht war und die Nothwendigkeit

erkannt hatte, nichts ohne genügenden Grund hinzustellen. Man wußte nun, was man wollte, man hatte ſich ein feſtes Ziel geſteckt, die früheren Fehler und Mißgriffe eingestanden und ſie zu vermeiden gelernt.

Aber indem man rüſtig fortſchritt auf der neuen geebneten Bahn, ſtellte ſich mehr und mehr heraus, wie unheimlich viel noch zu thun ſei und wie wenig Gebrauch von ſo manchen Syſtemen gemacht werden könne, welche im erſten Eifer zu raſch und vorſchnell aufgebaut worden waren. Man verſuchte, Beſſeres an ihre Stelle zu ſetzen, doch nicht in allen Fächern mit gleichem Glück, und es entſtand ein ungewiſſes Schwanken, das am nachtheiligſten da empfunden wurde, wo Wiſſenſchaft und Praxis ſich am unmittelbarſten berührten, — in der Arzneiwiſſenſchaft, während man z. B. den Zwiſten der Geologen weit ruhigeren Gemüthes zuſchauen konnte. So fand das neunzehnte Jahrhundert in ſeinem Beginn zwar die früheren Hinderniſſe größtentheils weggeräumt, aber auch die Anforderungen weit höher geſtellt, und den größten Theil der Aufgabe noch ungelöst.

Auch die Aſtronomie nahm Theil an dieſer allgemeinen Umgeſtaltung: nur daß in ihr weit weniger, als in den übrigen Naturwiſſenſchaften, jenes ungewiſſe Schwanken wahrgenommen ward. Rückſchritte hat ſie, wenn man die ſpärſte Zeit des Mittelalters ausnimmt, in der die Erde wieder ſack wurde, eigentlich nie gemacht, und ſeit Kopernikus und Kepler ſind ſie für immer unmöglich geworden. Auch gelangte ſie früher, ſchon in der zweiten Hälfte des ſiebzehnten Jahrhunderts, zu einer ſo feſten Grundlage, als noch heut keine andere Wiſſenſchaft ſich rühmen kann, und die ſie kühn als das Geſetz des Universums hinſtellt. Ein Nieſengeiſt, den ſeine ſtaunenden Zeitgenoſſen ganz zu begreifen noch nicht fähig waren, gab es ihr in der Gravitations-theorie, einer Lehre, die weder in der Einfachheit ihres Aus-

Körper durch Masse oder größere Nähe das entschiedenste Uebergewicht zeigt, einigermaßen befriedigend gelöst ist. Und doch handelt es sich hier um kein neues Gesetz, sondern einzig um folgerechte Entwicklung des von Newton bereits gegebenen und festgegründeten, und man ist des bereits gewonnenen Besitzes vollkommen sicher.

Wie aber, wenn, der Allgemeinheit dieses Gesetzes unbeschadet, neben ihm noch andere Kräfte, wie sie sich zwischen den terrestrischen Substanzen wirksam erweisen, auch bei den kosmischen sich geltend machten? Wenn wir demnach nicht Gravitation allein, sondern auch Magnetismus und Chemismus zu berücksichtigen hätten? Wenn vielleicht noch ganz andere unbekannte Beziehungen, für welche die gegenwärtige Sprache des Erdbewohners keine Namen kennt, zwischen den Weltkörpern stattfänden, und ihren Einfluß auf die Abstände und Bewegungen bemerklich machten? Wenn der Raum nicht absolut leer, sondern mit einem auch nur unendlich dünnen Mittel erfüllt ist, das auf die Bewegungen hemmend einwirkt und sich in der Erscheinung, wenn auch vielleicht erst nach Myriaden von Jahren und bei den formlosesten Körpern, herausstellt? Ueberblickt man die Data, welche uns die neuesten Beobachtungen und Untersuchungen an die Hand geben, so wird man sich gestehen, daß wir hier nicht von blos hypothetischen Möglichkeiten sprechen. Encke hat an dem Kometen, welcher seinen Namen führt, dieses schon früher vermuthete widerstehende Mittel im Sonnensystem nachgewiesen und seine Realität selbst gegen die von Bessel aufgeworfenen Zweifel siegreich behauptet. Der Letztere hat an einem andern, dem Halley'schen, Kometen Erscheinungen wahrgenommen, die auf eine Ausströmung, folglich Abstoßung der Materie deuten, jedenfalls also auf ein Verhältniß, das mit dem Gesetz der Schwere nicht in Verbindung steht, wenngleich es ihm nicht widerspricht. Auf

der andern Seite hat Krehl zu zeigen versucht, daß dem Monde ein Einfluß auf die Declination und Intensität der Magnetnadel zukomme, und daß die uns zugewendete Seite des Mondes wie ein magnetischer Nordpol wirke. Es ist kein Einwurf, daß alle diese Wirkungen äußerst klein und daß der für sie sprechenden Thatfachen erst so äußerst wenige sind. So viel steht längst fest, daß es in den Beziehungen der Weltkörper zu einander kein Agens giebt, welchem im Vergleich zur Attraction eine quantitative Bedeutung zukäme; und die Bewährung unserer Theorie, die Sicherheit unserer Vorausbestimmungen zeigt zur Genüge, daß uns höchstens nur noch das Letzte und Feinste unbekannt geblieben sein könne. Aber dieses zu erforschen, ist nicht minder wichtig, und erst wenn wir auch die schwächste und verborgenste Kraft darzustellen im Stande sind, werden wir von dieser Seite der Aufgabe Genüge gethan haben. Auch scheint es, daß die abstracte Mathematik, wiewohl sie sich bei Entwicklung des Attractionsgesetzes vollkommen genügend erwies, doch nicht allein im Stande sein werde, die Aufgaben zu lösen, welche uns die Beobachtung auf diesem Felde bereits vorgelegt hat und in Zukunft vorlegen wird. Den künftigen Analysten, die sich an ihnen versuchen werden, wird Vertrautheit mit den Lehren der Physik und Chemie als ein unabweisbares Bedürfniß erscheinen. Dazu aber ist alle Aussicht vorhanden, denn die eben genannten Zweige der Naturwissenschaft haben sich gleichfalls neu gestaltet, sich von der rohen Empirie früherer Zeiten losgemacht und erkannt, daß sie bei ihren Fortschritten der Hülfe der höheren mathematischen Analysis nicht entbehren können. Bei diesem schönen Entgegenkommen und Verschmelzen der drei Wissenschaften wird die Zukunft weniger selten einem Arago und Gauss begegnen, bei denen gefragt werden muß, ob sie größer als Astronomen oder als Physiker seien, wenngleich auf der

andern Seite die Ausdehnung, welche die genannten Wissenschaften gewinnen, es immer schwerer machen wird, mehrere derselben in Einer Person zu vereinigen.

Denken wir uns nun den Fortschritt so weit gediehen, daß die im Kosmos wirkenden Kräfte bekannt, ihre Gesetze festgestellt und ihre Theorie entwickelt sei, ein Ziel, welches zu erreichen nicht außerhalb der Möglichkeit liegt; so können wir auch den Gang bezeichnen, den alsdann diese Untersuchungen nehmen werden. Ihr Gegenstand sind die Abweichungen, welche zwischen Theorie und Beobachtung sich noch zeigen. Sind die letztern so klein, daß sie vollständig den Fehlern der Wahrnehmung zugeschrieben werden können, so ist keine Veranlassung gegeben, durch sie ein bisher gänzlich Unbekanntes erforschen zu wollen: ihre Benutzung wird, wie schon jetzt geschieht, darauf hinauskommen, daß man die zum Grunde gelegten numerischen Werthe der Elemente stets mehr und mehr der Wahrheit näher bringt. Findet aber diese Voraussetzung nicht statt, und läßt sich kein System von Elementen, keine zulässige Combination der bekannten Potenzen auffinden, durch welche Theorie und Beobachtung innerhalb der Genauigkeitsgrenze der letztern vereinigt werden können, so wird man den Grund der Abweichung in neuen, bisher noch unbekannt gebliebenen Massen suchen müssen. Einen Gedanken dieser Art hatte schon Clairaut gefaßt, als er die Bahn des Halley'schen Kometen und seine Wiederkehr für 1759 vorausberechnet hatte, und der Erfolg eine Abweichung von etwa einem Monat zeigte. Er hatte nemlich die Rückkehr zur Sonnennähe auf die Mitte des April berechnet, während der Erfolg den 13. März des genannten Jahres ergab. Nochmals sah er seine Rechnung durch, fand keine ausreichende Erklärung der Nichtübereinstimmung und vermuthete nun, daß vielleicht ein noch unbekannter Planet jenseits des Saturnus kreise, welcher

eine störende Wirkung auf den Kometen ausgeübt habe. Er hatte recht vermuthet; denn 22 Jahre später fand Herschel den Uranus. — Wir dürfen erwarten, diesen Fall sich noch öfter wiederholen zu sehen, aber gleichzeitig auch hoffen, daß man alsdann nicht bei einer geistreichen Vermuthung stehen bleiben werde. Alles, was wirkt, muß auch durch diese Wirksamkeit sein Dasein verrathen, sobald die Gesetze dieses Wirkens vollständig gegeben, und es selbst stark genug ist, um noch in den Beobachtungen merkliche Abweichungen zu bewirken. Wir sind heut mit Uranus in demselben Falle, wie Clairaut es mit dem Halley'schen Kometen war: wir finden Anomalien in seinem Laufe, die es schon Bouvard 1820 unmöglich machten, die ältern und neuern Beobachtungen in Eine Bahn zu vereinigen. Einst wird eine neue Art von Entdeckungen beginnen, nachdem die alten, die das Fernrohr gemacht, wenigstens innerhalb der Grenzen unseres Sonnensystems abgeschlossen zu sein scheinen. Wohin kein Frauenhofer'scher Refractor, kein Herschel'sches oder Rossé'sches Riesenteleskop dringt, dahin wird das geistige Fernrohr, die Analysis, vordringen und die neue Ernte beginnen. Von der wahrgenommenen, constatirten, anderwärts unerklärbaren Wirkung wird man zurückschließen auf das Wirkende, und wie einst Döbereiner, freilich von andern Betrachtungen geleitet, zwei neue Weltkörper da fand, wo er selbst uns gelehrt hatte, sie zu suchen, so wird der Analytiker dem Astronomen das Fernrohr richten und ihn den noch unbekannten Planeten finden lehren; aber auch selbst wenn dies nicht gelänge, wird er seiner Sache sicher sein.

Doch so wichtig es auch immerhin sein möge, auf diese Weise das Sonnensystem sich vervollständigen und neue Bürger gewinnen zu sehen, so steht doch die Beantwortung anderer, noch wichtigerer und höherer Fragen auf diesem Wege in Aussicht. Ein Reich mag sich erweitern und die

Zahl seiner Einwohner anwachsen sehen, das verbürgt noch nicht seine Fortdauer in kommenden Zeiten, und ob und wie lange eine solche zu erwarten, hängt weit mehr von der innern Ordnung und Gestaltung als der räumlichen Ausdehnung ab. Die Fragen, welche sich auf die künftigen Schicksale und namentlich auf die Stabilität des ganzen Sonnensystems beziehen, sind wichtiger und umfassender als die über Anzahl und Grenze der Planeten. Wird unsere Erde ihr Licht stets dieser Sonne verdanken, wird stets ein Mond sie umkreisen? Wird sie selbst stets bleiben, was sie jetzt ist, und was sie, so weit die beglaubigte Geschichte reicht, auch stets war, oder steht ihr eine andere Zukunft bevor? Werden die Planeten in ihren gegenwärtigen Bahnen fortrollen, oder werden sich diese zu kometarischen, oder noch andern Formen gestalten? Wird das Ganze die Vereinigung behaupten, in der es sich jetzt befindet, oder wird sich Alles einst trennen und auflösen? Wenn wir solche Fragen stellen, so fühlen wir allerdings, daß ihre Kühnheit an Verwegenheit grenzt und daß sie auf ganz gleicher Stufe mit denen stehen, welche die Schöpfung des Universums betreffen. Aber wir vermögen gleichwohl nicht, uns von ihnen loszumachen, denn sie sind von der höchsten und allgemeinsten Wichtigkeit, und ihre Beantwortung wird einst möglich sein. Ja sie ist es schon jetzt, so weit man von den bekannten Massen und Kräften auf die unbekannten schließen darf. Denn die von einander abhängigen, und — wenigstens in Bezug auf unsre Kenntniß — arbiträren Werthe der Bahnelemente für die verschiedenen Glieder unsres Sonnensystems sind so gewählt, wie eine immerwährende Dauer des Systems sie erfordern würde. Wesentliche Aenderungen in der Stellung, namentlich der größern (z. B. eine stärkere Excentricität der Jupiterbahn), würden im Stande sein, die Dauer des Planetensystems, wenn auch erst in sehr ferner Zukunft,

zu gefährden. Die Partialsysteme stehen von einander, in Vergleich zu ihrer Ausdehnung, weit genug ab, um wesentlichen Störungen von Außen her nicht mehr ausgesetzt zu sein, und der einzige Fall, wo ein Trabant sehr starke Störungen von der Sonne erleidet, ist auch zugleich der einzige, wo ein isolirter Mond um den Hauptplaneten läuft, folglich keinem Nachbarmonde begegnen kann. Mit einem Wort, aus den uns bekannten Naturgesetzen und unter Zugrundlegung der uns bekannten Massen läßt sich keine Zerstörung, kein Auscheiden aus dem System, kein Zusammenstoßen mit einem andern Körper für irgend welche Zeit ableiten, wenn man die absolut unschädlichen — weil fast gänzlich masselosen — Kometen ausnimmt, mit denen die Erde und andere Planeten nicht allein zusammentreffen können, sondern wahrscheinlich auch schon zusammengetroffen sind, ohne daß ihre Bewohner das Mindeste davon wußten. Allein nicht nur bei anderer Abwägung und Anordnung der Massen, sondern auch bei andern, neben der Gravitation wirksamen Kräften kann das Resultat ein ganz anderes werden. Der Encke'sche Komet z. B. beschleunigt, in Folge des widerstehenden Mittels, seinen Umlauf nach und nach; geht dies so fort und findet nicht auf irgend eine — bis jetzt noch nicht entwickelte — Art eine periodische Rückkehr zur früheren Umlaufszeit statt, so wird er endlich nach Myriaden von Jahren sich mit der Sonne vereinigen müssen, und nach einer vielleicht Millionen Mal längeren Zeit würde dies auch mit den Planeten der Fall sein. Dies nur als Andeutung, daß das Bisherige noch nicht zur absoluten Erledigung der Frage ausreicht, und daß wir überhaupt sie nicht eher erledigen können, bis wir sicher sind, alle Massen sowohl, als auch alle Arten der Bewegungskräfte zu kennen. Nun aber haben wir oben gesehen, daß dies eine Aufgabe der Zukunft sei, und so wird auch nur in dieser eine definitive Lösung

der großen Lebensfrage sich ergeben. Gegenwärtig kann man nur sagen, daß die überwiegende Wahrscheinlichkeit für eine immerwährende Dauer des Sonnensystems nach seinem gegenwärtigen Bestande spreche. *)

Von der Natur und Vertheilung des widerstehenden Mittels (Weltäthers) wird hierbei das Meiste abhängen. Bis jetzt ist uns fast nur noch sein Dasein bekannt, und selbst dieses wagt der vorsichtige Urheber jener Lehre nicht apodiktisch auszusprechen. Hansen, welcher die Geseze der Vertheilung des Aethers am gründlichsten untersuchte, kam zu dem Resultat, daß die Bahn- und Größenänderung des Encke'schen Kometen, des einzigen, der eine solche Untersuchung jetzt schon zuläßt, durch sehr verschiedene Annahmen über die Vertheilung des Aethers sich etwa gleich gut erklären lasse, und es ist demnach keine Veranlassung, irgend eine dieser Hypothesen vor der andern zu adoptiren. Nur muthmaßen können wir, daß dieser Aether in der Nähe der Sonne dichter sein werde, wiewohl es wenig wahrscheinlich ist, daß er nichts als die erweiterte Photosphäre der Sonne selbst sei. Aber dies wird sich anders gestalten, wenn wir erst im Stande sind, die Unter-

*) Die neuesten hieher gehörigen Untersuchungen sind von Le Verrier. Er findet, daß der Bestand der großen Planeten vom Jupiter an aufwärts durch die gegenseitigen Störungen auch selbst für die fernste Zukunft nicht im Mindesten bedroht sei. Was die untern und kleinern Planeten, zu denen auch unsere Erde gehört, betrifft, so wagt er nur deshalb keinen bestimmten Anspruch, weil uns noch die genauere Kenntniß ihrer Massen, die für die meisten von ihnen sehr schwer zu erlangen ist, abgeht. Hunderttausende von Jahren aber, für welche auch bei unserer jetzigen mangelhaften Kenntniß die Dauer sich verbürgen läßt, sind doch keine Unendlichkeit. — Künftigen Berechnern, die Le Verrier's Untersuchungen fortführen werden, dürfte der Umstand zu Statten kommen, daß die Planetenmassen nur in demselben Verhältniß weniger bekannt sind, als sie weniger wirken.

suchung auf Kometen auszudehnen, welche in entlegene Räume des Sonnensystems gelangen, wie der Halleys'sche, der im Aphelium 60mal weiter als im Perihel von der Sonne entfernt ist. Schon die nächsten Jahre können uns hierüber belehren, wenn sich erst ein Berechner gefunden hat, der seine letzte, 9 Monate hindurch verfolgte Erscheinung mit den früheren seit 1542 verbindet. Besser und erfolgreicher wird sich aber die Untersuchung anstellen lassen, wenn erst die beiden im 20. Jahrhundert zu erwartenden Wiedererscheinungen dieses Kometen beobachtet sein werden. Darin überhaupt besteht die hohe Wichtigkeit guter Kometenbeobachtungen, daß sie uns Körper kennen lehren, welche bei ihren starken Neigungen und Excentricitäten in die entlegensten Räume des Sonnensystems, wohin kein Fernrohr sie verfolgt, gelangen, und so gleichsam Alles erproben und uns von Allem Rechenschaft geben können. Der Umstand, daß wir sie nur in sonnennahen Gegenden sehen, ist bei dem jetzigen Zustand unserer Theorie kein Hinderniß mehr, sobald nur der Komet öfter wiederkehrt und seine Umlaufzeit abgeleitet werden kann.

Sind wir durch diesen, sowie durch andere periodische Kometen erst über die relative, vielleicht selbst über die absolute Dichtigkeit des Weltäthers belehrt worden, so wird es möglich werden, das so gewonnene Resultat auch auf die Planeten anzuwenden. Diese Körper sind zu massenhaft, und ihre Entfernung von der Sonne zu wenig veränderlich, als daß an ihnen die in Rede stehende Forschung beginnen könnte, wohl aber wird sie an ihnen fortgeführt werden. Nachdem wird man die kleinen, bis dahin unerklärt gebliebenen Abweichungen einer theoretischen Prüfung unterwerfen und die Theorie aus ihnen berichtigen und erweitern. Dann wird man im Stande sein, über die Ungleichheiten von langen Perioden ein bestimmtes Urtheil zu fällen: Perioden, die

unsere Beobachtungen nicht andeuten können, da sie Zeiträume umfassen, gegen welche die Dauer des Menschengeschlechts noch viel zu gering ist, und an welche eine Theorie, die sich selbst noch nicht völlig Genüge leistet, sich nur sehr schüchtern wagen darf. Diese Perioden aber sind es hauptsächlich, welche die Stabilität des Systems bedingen.

Wenn wir im Vorstehenden die Kometen als diejenigen Weltkörper bezeichneten, welche am meisten geeignet sind, uns die Himmelsräume kennen zu lehren, so müssen wir auf's Schmerzlichste beklagen, daß die früheren Zeiten, bis zum 17. Jahrhundert herab, in Beziehung auf die Kometen sich eines so schweren Mißgriffs schuldig machten. Die Geschichte, bis ins graueste Alterthum hinauf, wimmelt gleichsam von Kometen; sie waren Jahrtausende hindurch fast das Einzige, was man am Himmel der Beobachtung werth hielt, und dennoch ist Alles, was wir darüber aus der Vorzeit besitzen, unbrauchbarer Wust. Mit ängstlicher Sorgfalt beschrieb man ihr „fürchterliches“ Ansehen, ob sie Flammen, Ruten, gezückten Schwertern, feurigen Drachen u. dergl. geglichen, in welcher Stadt (!) oder Gegend sie erschienen waren, vor Allem aber, welche wirkliche oder vermeintliche Calamitäten, „durch den Kometen veranlaßt“, die Menschen betroffen hatten. Bald sollte eine Mißgeburt, bald ein gestohlenes Christenkind, bald eine neue Ketzerei von einem Kometen vorhergesagt sein. Da konnte kein großer Mann sterben, kein Krieg entstehen, keine Krankheit oder Mißwachs sich verbreiten, ohne daß ein Komet es verkündigt hätte: und es scheint wirklich, daß man in der Angst, wenn kein Komet zu finden war, mit Sternschnuppen und ähnlichen Meteoriten vorlieb genommen habe. Die Geschichte kennt keinen Aberglauben, der im Gemüth der Menschen so fest gewurzelt hätte als der Kometenwahn. Aber durchsuchen wir die voluminösen Kometographien eines Lubentiezky, Zahn, Hevel auch nur nach der rohesten

und allgemeinsten Ortsbestimmung — fast das einzige, was die Wissenschaft brauchen könnte, — so finden wir gewöhnlich nichts, oder was wir finden, widerspricht sich. Unter 400 von Herschel aufgeführten Kometen sind 388 für die Wissenschaft verloren; nur bei 12 derselben konnte der Scharfsinn eines Halley den Versuch wagen, ob eine Bahn sich ableiten lasse, und diese gehören fast alle dem 16. und 17. Jahrhundert an. Nehmen wir noch hinzu, was Burckhardt aus alten chinesischen Kometenbeobachtungen — und wirklich haben die Chinesen weniger grob gelogen — und sich etwas mehr um den Ort bekümmert als die Europäer — zusammengestellt hat, so kommen bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts etwa 25 Kometenbahnen heraus, bei denen Tycho's Beobachtungen noch das Beste gethan haben. Bei so gestalteten Sachen ist fast ohne Ausnahme jeder Komet, den wir jetzt am Himmel auffinden, für uns ein neuer und seine Untersuchung beginnt von vorn. In der That sind nur 3 Kometen als wirklich wiedergekehrte erkannt worden, und doch ist es fast gewiß, daß es nicht wenige gebe, die eine Bahn von einigen Jahrhunderten haben, mit hin schon längst in die Rolle der seßhaften Bürger unseres Sonnensystems eingetragen wären ohne jene Sünden der Vorzeit. Nun aber kann uns jeder periodische Komet, wenn er bei seiner ersten und zweiten Erscheinung nur einigermaßen genügend beobachtet worden, so daß seine Umlaufszeit gegeben ist, schon bei seiner dritten Erscheinung gleichsam als Berichterstatte dienen, was er auf seiner fernen Wanderung angetroffen habe. So beauftragte Olbers den Gndse'schen Kometen mit einer schärferen Untersuchung der bis dahin noch fast ganz unbekannten Mercurmasse, und wir wissen bereits, daß er seine Mission erfüllt habe. Er hat uns bereits, daß dieser der Sonne nächste Planet nicht, wie man früher annahm, die Dichtigkeit des Goldes, sondern höchstens

die des Sinns habe, daß er überhaupt nur wenig dichter als Erde und Venus sei und seine Masse auf weniger als die Hälfte der früher angenommenen herabgesetzt werden müsse. Er wird nicht der einzige bleiben, den wir auf analytische Entdeckungstreifen ausfinden, wenn wir nur erst mehrere haben, die sich zu solchen Aufträgen qualificiren. Ist nur erst die Bahn des Kometen durch gute Ortsbestimmungen möglichst berichtigt, so kann das andere, als Gestalt, Durchmesser, größerer oder geringerer Verdichtungsgrad und Durchsichtigkeit, Form und Länge des Schweifes, kurz Alles, was ein geübter und vorurtheilsfreier Beobachter an ihnen wahrnimmt, für weitere Forschungen fruchtbringend werden, und auf diesem Felde steht also den kommenden Jahrhunderten eine Ernte bevor, deren Reichthum wir jetzt wohl kaum ahnen.

Uebrigens mögen wir nicht wähen, daß wir im Kometenbeobachten bereits die Höhe erreicht haben, die als erreichbar und wünschenswerth bezeichnet werden muß. Ein glücklicher Zufall hat bis jetzt die meisten entdeckt; eigentliche Kometensucher, wie Messier (19 Kometen), Caroline Herschel, Olbers, Pons, Galle sind bis jetzt seltene Ausnahmen. Wie viele mögen uns — und nicht bloß in trüben Nächten — ungesehen entwischt sein, während eine absichtliche Vereinigung mehrerer, über entlegene Punkte der Erde zerstreuter Astronomen es einst wohl dahin bringen könnte, daß kein vom Fernrohr erreichbarer Komet unbekannt bliebe. Durchforscht jeder eine bestimmte Region des Himmels zu einer bestimmten, zweckmäßig gewählten Beobachtungszeit, so muß die Ausbeute nicht allein sehr reich sein, sondern — was noch wichtiger ist — die Unsicherheit, ob ein gewisser Komet in einer gegebenen Zeit erschienen sei oder nicht, wird nach und nach gänzlich aufhören. Freilich muß die Zahl der beobachtenden Astronomen — die,

wenn auch größer als jemals, doch noch immer klein genannt werden muß — beträchtlich anwachsen, wenn Kräfte genug zu einem solchen geregelten Kometensuchen gewonnen werden sollen. Insbesondere muß der Rajah von Travancore, der vor Kurzem zu Travandrum eine großartige Sternwarte erbaut, sie reich dotirt und mit einem tüchtigen Astronomen besetzt hat, mehr Nachahmer finden: denn je näher dem Aequator, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit eines günstigen Erfolges im Kometensuchen. Wenn dann noch Telegraphenlinien zum Dienste der Wissenschaft errichtet werden, damit die irgendwo gemachte Entdeckung möglichst rasch überall auf der Erde bekannt werde, so wird ein Jahrzehend mehr leisten, als jetzt ein Jahrhundert leistet, und weit mehr als die gesammte Vorzeit geleistet hat. Aber nicht bloß mehr Beobachter, sondern vor Allem mehr Berechner müssen thätig sein. Die Kometenrechnungen, streng durchgeführt, erfordern einen ungemeinen Zeitaufwand. Der geübteste Rechner braucht gegen drei Jahre, um eine Erscheinung des Halley'schen Kometen so zu bestimmen, daß allen Erfordernissen Genüge geleistet ist. Nicht viel geringere Mühe macht der Encke'sche, der bei seiner häufigen Wiederkehr einen fast bloß für ihn lebenden Berechner erfordert. Schon vor 25 Jahren sprach sich ein erfahrener Astronom dahin aus, daß ein tüchtiger Rechner mehr werth sei, als zwei neue Sternwarten.

Man würde indessen irren, wenn man diese allerdings große und schöne Aufgabe als die Hauptaufgabe der zukünftigen Astronomie betrachten wollte. Große und wohlausgerüstete Warten können sich ihr nicht anhaltend widmen, wenn sie nicht ein reiches Personal besitzen. Die kraftvollen Instrumente der Gegenwart, wie die hoffentlich noch trefflicheren der Zukunft — wenn anders die Munificenz hochfinniger Fürsten, wie wir es jetzt in so schönen Beispielen sehen, auch

ferner astronomischen Zwecken zu Hülfe kommt — würden, einzig diesen Forschungen gewidmet, ihre Vorzüge nicht genügend bewähren; ihnen bleibt eine höhere Aufgabe vorbehalten. Sie müssen den weiten Räumen des Fixsternhimmels zugewendet werden, dessen fernste Regionen — die der Nebelflecke — noch so äußerst wenig erforscht sind, bei aller Anerkennung dessen, was die beiden Herschel und Lamont geleistet haben. Wir besitzen von der großen Mehrzahl nichts als ein Register, dessen Daten nur eben hinreichend sind zum Wiedererkennen, und die ganze Aufgabe liegt in der Zukunft. Sie wird uns lehren, ob jene Massen Veränderungen des Orts, der Gestalt, Größe, Dichtigkeit und Auflöslichkeit unterworfen sind, eine Frage von ungemeiner Wichtigkeit, denn sie ist gleichbedeutend mit einer andern: ob die Schöpfung ein augenblicklicher Act und jetzt vollendet, oder ob sie ein ins Unendliche fortbauender sei? Erleiden jene Massen wirkliche Veränderungen, löst sich das, was jetzt noch allgemein verbreitete Nebelmassen ist, einst in discrete Punkte auf, so haben wir eine Weltenschöpfung beobachtet, so sind Sonnensysteme unter unsern Augen aus dem Chaos hervorgegangen, wie einst das unsrige hervorging, und wie deren in allen kommenden Zeiten hervorgehen werden. Dann werden wir eine Weltgeschichte in einem höheren, jetzt noch nicht möglichen Sinne des Wortes, schreiben können, und um so vollständiger, als glücklicherweise hier sich ersetzen läßt, was die Vorzeit versäumte. Denn der Lichtstrahl, der von den entferntesten der Nebelmassen in das Rohr des irdischen Astronomen dringt, war eine längere Zeit unterwegs, als unsere Chronologen sie kennen, und die Vorzeit, von welcher er uns Kunde giebt, liegt weit jenseits aller Menschengeschichte. Was vor Myriaden, ja vor Millionen Jahren dort stattfand, können wir heut noch, und werden unsere spätesten Nachkommen noch erforschen können. Hier ist es, wo sich

Zeit und Raum auf die großartigste Weise identificiren und wo die ferne Vergangenheit kein bloß metaphorischer Ausdruck mehr ist; hier ist eine Reihenfolge, vom Anfange alles Seins beginnend, und stufenweise durch alle Gradationen bis zur Gegenwart fortschreitend, vor unsern Augen aufgerollt. *)

Doch ich vergesse, daß ich der Gegenwart angehöre, daß es noch nicht an der Zeit ist, ein Bild auszumalen, das bis jetzt fast ganz im Reiche der Phantasie liegt, und daß nur die sorgfältigste und anhaltendste Untersuchung und naturgetreue Darstellung dieser merkwürdigsten Massen, wie sie bis jetzt noch keiner in genügendem Maße zu Theil geworden, uns einst zu solchen Ergebnissen führen kann. Eine von Herschel angeregte Frage verdient besonders eine Untersuchung: ob die Geschwindigkeit des Lichts für jene entferntesten der Welteninseln dieselbe sei, wie für die Fixsternen- und Planetenwelt? Sie läßt eine Antwort zu, denn die Geschwindigkeit des Lichts bedingt die Größe der Aberrationsconstante, und ob diese mit der der benachbarten Fixsterne dieselbe sei,

*) Dieser Theil der Himmelsforschung wird auch insbesondere durch das vielbesprochene große Rossé'sche Teleskop gefördert werden, dessen außerordentliche Lichtstärke — sein größter Vorzug — nicht allein die Entdeckung vieler neuen Nebelflecke hoffen läßt, sondern auch manche bis jetzt unauf lösliche in einzelne Lichtpunkte zerlegen wird. Weit weniger wird es in Absicht solcher Objecte leisten, denen erfolgreiche Resultate nur dann abzugewinnen sind, wenn man sie möglichst viele Stunden hindurch unausgesetzt verfolgt, wie der Mond und größtentheils auch die Planeten; denn die Aufstellung eines so riesenhaften Instruments kann nicht die unserer parallactisch montirten Achromate sein, mit denen wir ohne Mühe den ganzen Himmel abdecken. Das Rossé'sche Teleskop kann nur im Meridian und höchstens noch 8–10 Grad außerhalb desselben gebraucht werden, einen Gegenstand also nie viel über eine Stunde hintereinander verfolgen.

wird durch Messung der Distanz und des Richtungswinkels in verschiedenen Jahreszeiten bestimmbar sein, wenigstens in den Fällen, wo der Nebelfleck nicht zu unbestimmt begrenzt ist, und wo man eine sternförmige Verdichtung in der Mitte wahrnimmt. Besonders Aufmerksamkeit scheinen die Doppel- und vielfachen Nebel, die ein so getreues Analogon der Doppelsterne zeigen, zu verdienen. Möglich, daß sie sogar Bahnen um einander beschreiben; ja mehr als bloß möglich, insofern das Gesetz der Schwere als ein allgemeines auch für jene Fernen betrachtet werden darf. Nur darf unser Geschlecht wohl nicht an eine Bestimmung dieser Bahnen denken bei jener riesenhaften Unermesslichkeit, in der unser Wissen seine Grenze gefunden zu haben scheint. Wohl aber werden wir andere, höchst wichtige Aufschlüsse erhalten, wenn die dürftigen Fragmente unserer jetzigen Nebelfleckenkunde sich zu einem systematischen Ganzen gestaltet haben werden.

Denn bis jetzt haben wir diese räthselhaften Körper noch nicht einmal classificirt, während doch das, was wir mit diesem allgemeinen Namen bezeichnen, überaus große und wesentliche Verschiedenheiten darzubieten scheint. Neben dem leichtesten Anflug einer nur unmerklich geringeren Schwärze des Himmels, the faintest thing imaginable nach Herschel's naivem Ausdruck, steht ein dichter, bereits in Myriaden von Sternen aufgelöster Haufen, stehen die Gruppen der Milchstraße, die Präsepe und die Plejadengruppe; neben dem formloosesten Lichtschimmer ein sphärisch, elliptisch oder ganz regelmäßig gestalteter Nebelfleck, oft sogar scharf begrenzt, oder groteske, räthselhafte Formen, wie der Orion-Nebel. Sollte das Alles in Eine Kategorie gehören? Sollte hier nicht bloß astronomische Unwissenheit einen gemeinschaftlichen Namen gesetzt haben für Objecte, die in der That nichts Gemeinsames haben? Wir wissen es nicht, die Zukunft aber wird es wissen. Sie wird an die Stelle der 8 Herschel-

schen Classen, die fast nur graduelle Differenzen bezeichnen, andere, auf innere Bestimmungen gegründete Kategorien setzen. Denn wenn jene Classentheilung der Gegenwart genügt und genügen muß, so ist dies zwar kein Vorwurf, wohl aber ein Eingeständniß, daß wir noch nichts Besseres an ihre Stelle setzen können und also eigentlich noch nichts Specielles auf diesem Felde wissen.

Es bietet dieser Gegenstand noch andere unerörterte Fragen dar, z. B. ob es Stellen des Himmelsgrundes gebe, welche dunkler als der übrige Himmel, also gleichsam negative Nebelflecke sind. Auf der südlichen Halbkugel haben schon frühere Seefahrer beim Kreuze und im Centauren große schwarze Flecke, unter dem Namen Kohlenfäcke bekannt, wahrgenommen. Man wird zu untersuchen haben, ob dies nur eine relative Leere von Sternen, im Vergleich zu den benachbarten stark glänzenden Zonen, oder ob das Phänomen von der Art ist, daß diese Erklärung nicht ausreicht. Es würde dies auf eine verschiedene Durchsichtigkeit des Himmelsraumes, also auch wohl auf andere damit zusammenhängende Verschiedenheiten führen, z. B. auf Temperaturdifferenzen nach Poissons Hypothese. Die Astronomen des Nordens werden indeß nur wenig zur Entscheidung dieser Fragen beitragen können. Solche Untersuchungen erfordern ununterbrochene Reihen von gleichförmig dunklen Nächten, wie sie unsere Klimate fast niemals bieten. Die Nächte der verschiedenen Jahreszeiten gestatten in höhern Breiten schon an sich selbst keinen Vergleich, auch wenn man von der Bewölkung ganz absehen wollte, die uns stets den besten Theil des Jahres gänzlich raubt und das Uebrige verkümmert. Unter den Tropen aber sind Klimate zu finden, die Jahr aus Jahr ein sich einer wenig unterbrochenen Heiterkeit erfreuen, und deren Nächte das ganze Jahr hindurch eine gleich tiefe Schwärze zeigen. Hier können Vergleichen der relativen

Selle sowohl einzelner Sterne als ganzer Regionen des Himmels mit Erfolg unternommen werden.

Gehen wir nunmehr über zu unserer eigenen Fixsternwelt, zu derjenigen Welteninsel, von der auch unsere Sonne ein, wie es scheint, nicht sehr hervorragendes Glied ausmacht. Wenngleich auch hier der Lichtstrahl Jahrzehende und Jahrhunderte bedarf, um zu uns zu gelangen, so ist doch, verglichen mit den Distanzen der Nebelflecke, die Entfernung von einigen Millionen Sonnenweiten noch immer für eine Nachbarschaft zu halten. Hier ist denn auch, und zwar nicht bloß in neuester Zeit, mehr geleistet worden. Die Dörter der Fixsterne zu bestimmen, bedarf es keiner Riesenfernrohre, sie wären hierbei sogar nachtheilig; und selbst ohne Fernrohr unternahmen es bereits die Alexandrinschen Astronomen, Fixsterne in Kataloge und Karten zu bringen. Was ein Timocharis und Hipparch begonnen, was ein Hevel und Flamsteed wieder aufnahmen, gelangte in der Mitte des 18. Jahrhunderts durch den großen britischen Astronomen Bradley zu einer Vollendung, welche selbst den strengsten Forderungen der neuern Wissenschaft entspricht. Durch seine und der neuern Astronomen Bemühungen sind die allgemeinen Reductionselemente mit großer Genauigkeit bestimmt, und eine noch größere Genauigkeit in nahe Aussicht gestellt. Durch die Anwendung dieser Reductions-Constanten auf die Beobachtungen von Bradley bis Argelander sind wir unter Anderm auch zu einer nicht mehr ganz oberflächlichen Kenntniß der eigenen Bewegungen der Fixsterne gelangt. Bereits läuft die Zahl der Sterne, deren Fortrückung nach Quantität und Richtung mit einiger Zuverlässigkeit bestimmt ist, in das zweite Halbttausend, und sie wird rasch in die Laufende wachsen. Schon jetzt hat Argelander aus diesen Bewegungen, in denen sich die wahre eigene Fortrückung mit der unseres Sonnensystems verbindet, die letztere glücklich

eliminiert und uns den Punkt im Gestirn des Hercules, wohin wir mit dem gesammten Planetensystem rücken, bezeichnet. Bald wird auch die absolute Quantität dieser Bewegung innerhalb gewisser Grenzen bekannt sein: ein Resultat, worauf die Zukunft weiter fortbauend zu den allerwichtigsten Aufschlüssen gelangen wird. Vor Allem scheint nöthig, die Sterne des südlichen Himmels aufs Sorgfältigste und Beharrlichste zu beobachten; denn wenn einst auch diese mitstimmen, so wird die Sicherheit des Resultats erheblich gewinnen. Dazu werden ferner die feinen Untersuchungen über die Fixsternparallaxen dienen, welche in neuester Zeit zu einem ersten Gelingen geführt worden sind. Wir wissen jetzt, daß 61 Cygni 600,000, α Pyrae etwa 800,000 Sonnenweiten von uns entfernt und daß α Centauri, als der uns wahrscheinlich nächste Fixstern, auf etwa 220,000 Distanz zu setzen ist. Fortschreitend auf dieser Bahn, wird man die scheinbaren eigenen Bewegungen der Fixsterne auf wahre, in absoluter Quantität gegebene, reduciren. Die nähere Vergleichung dieser Bewegungen wird uns die Gruppen kennen lehren, die eine und dieselbe Bewegung gemeinschaftlich haben, und weiterhin auch die Lage des Schwerpunkts dieser Gruppen. Schon ist in der Plejadengruppe durch Bessel diese gemeinsame Bewegung erkannt, und es leidet kaum mehr einen Zweifel, daß Achone die Centralsonne dieses großen Heeres von Fixsternen sei, das dem bloßen Auge nur noch als so eben auflösender Nebelfleck erscheint. Noch Ein Schritt, und wir werden die partiellen Bewegungen innerhalb dieses Systems von der allgemeinen sondern, und den einzelnen Gliedern der Gruppe ihre Bahn anweisen.

Mit diesen Untersuchungen werden Bestimmungen der Lichtstärke, die bisher nur auf Schätzung beruhten, Hand in Hand gehen. Steinheil hat die Bahn dazu gebrochen, diesen Schätzungen Messungen zu substituiren. Seine pho-

tometrischen Arbeiten haben bis jetzt nur geringe Resultate geliefert, aber sie sind die Grundlage weiterer Vervollkommnungen. Dann wird allmählig das noch formlose Ganze der Fixsternwelt, zu der wir gehören, bestimmte Gestalt und Ausdehnung gewinnen; dann wird unserer eigenen Sonne ihr Ort in demselben angewiesen werden, und eben so den übrigen Gestirnen; dann wird man die Sternenfülle der verschiedenen Regionen unseres Firmaments nicht mehr nach scheinbaren, sondern nach wahren Dimensionen, denen dann auch die dritte nicht länger fehlen wird, abwägen, und die Geseze der Fixsternvertheilung, von denen wir noch nichts wissen, aus den Beobachtungen entwickeln. Und so wird man endlich zu einer sichern Beantwortung der schon oft aufgeworfenen Frage gelangen: ob unsere gesammte Fixsternwelt ein gemeinsames Bewegungscentrum habe, wo dieses zu suchen sei und was sich in ihm befinde? Denn diese noch vor Kurzem etwas leichtlin behandelte Frage scheint der Lösung keinesweges so nahe, als diejenigen wähten, die Alles nach bloßen Analogien construiren. Wie Monde und Planeten um Sonnen, so laufen auch die Sonnen um eine Centralsonne — dies schien ausgemacht, und man bezeichnete ziemlich voreilig den Sirius als solche. Aber noch haben wir keine einzige Thatfache der Beobachtung, welche uns auf diesen Stern wiese, der freilich der hellste Fixstern ist, allein doch die nächst hellen zu wenig überwiegt,*) um darauf allein eine solche Vermuthung zu gründen. Auf alle Fälle scheint es, daß, wenngleich in der Fixsternwelt ein Zusammengehörendes, ein System im weitern Sinne des Wortes

*) Der bei uns unsichtbare Canopus glebt den Sirius sehr wenig nach; Vega, Capella, α Centauri kommen ihm gleichfalls so nahe, daß auf den größern Glanz des Sirius kein besonderes Gewicht gelegt werden kann.

gegeben ist, doch die Analogie mit dem Sonnensysteme keinesweges so groß sei, als man früher wohl voraussetzte.

Ist erst diese Hauptfrage erledigt, so werden sich auch manche ziemlich räthselhafte Wahrnehmungen deuten lassen, die jetzt noch häufig die Phantasie auf ihr Feld hinüberzieht: wir meinen die veränderlichen, die neu erschienenen und verschwundenen Sterne, sowie die verschiedenen Sternfarben. Alles, was wir bis jetzt darüber sagen können, ist die Bemerkung, daß die Fixsterne zwar sämmtlich selbstleuchtend sind, sonst aber im Allgemeinen wenig haben mögen, was allen Fixsternen ohne Ausnahme zukommt, und daß nicht allein das Quantitative, sondern auch wohl das Qualitative des Lichts in den verschiedenen Fixsternen merklich verschieden und in nicht wenigen derselben periodischen Veränderungen unterworfen sei, über deren Quelle wir nichts wissen können.

Diese Betrachtungen führen uns von selbst auf den großen Lichtgürtel, der unser Himmelsgewölbe umgiebt, und der uns noch so unbekannt ist. Herschel's Beobachtungen haben bestätigt, was schon die Alten vermutheten, daß er aus einer großen Menge sehr kleiner, d. h. sehr entlegener Sterne bestehe: er schätzt ihre Zahl auf 18 Millionen. Man hat die Zusammendrängung dieser Sterne bloß perspectivisch durch eine linsenförmige Gestalt der gesammten Weltinsel, zu welcher wir gehören, erklären wollen; unterstützt wird diese Erklärung durch die Bemerkung, daß um die Pole der Milchstraße herum die größte Sternenleere stattfindet. Doch scheinen die Ausläufer der Milchstraße, der an mehreren Stellen ganz deutlich doppelte Zug derselben, der sehr verschiedene Glanz ihrer einzelnen, auch an Breite höchst ungleichen Regionen, endlich auch die für ein bloß relatives Maximum der Verdichtung doch noch zu scharf erscheinende Begrenzung dieses Gürtels der ange deuteten Hypothese nicht eben günstig; und vielleicht ist die Milchstraße ein ungeheurer,

mehrfach gegliederter Ring, welcher die das Centrum einnehmende Masse der übrigen Fixsterne in beträchtlicher Entfernung umgiebt. Eben so ist es auch unentschieden, ob dieser Gürtel ganz und gar aus einzelnen Sternen bestehe, oder neben diesen noch Nebelmaterie zeige, die nicht in Sterne aufgelöst werden kann. Denn ein hellerer Grund des Himmels wird fast überall noch wahrgenommen, auch im kraftvollsten Fernrohr und bei der größten Menge von Sternen. Er mag also, wie man dies von den Nebelflecken vermuthet, noch Urmaterie enthalten, und vielleicht erscheint unsere gesammte Fixsternwelt sammt der Milchstraße aus weltern Fernen als ein Nebelfleck mit einem dichtern Kern in seinem Centrum, oder auch als ein Ring, wie der bekannte Sternerring in der Leyer.

Wenn hier der Zukunft noch fast Alles überlassen ist, so ist dagegen nach einer andern Seite hin die Kenntniß des Fixsternhimmels bedeutend vorgerückt — wir meinen die Doppelsterne. Auf eine wahrhaft überraschende Weise ist das Duzend, worauf sich noch zu Bradley's Zeiten unsere Kenntniß beschränkte, durch Herschel zu vielen Hunderten, durch Struve sogar hoch in die Tausende hinein angewachsen. Was vor nicht gar langer Zeit wenig beachtet ward und für blos zufällig galt, was dem ehrlichen Christian Mayer, der zuerst einige nicht unglückliche, nur ihm selbst noch nicht klare Ideen über diese Fixsternbegleiter äußerte, sogar Spott zuzog, hat nunmehr eine Wichtigkeit erlangt und zu Folgerungen und Aufschlüssen geführt, die selbst Herschel noch nicht ahnte, wenngleich er selbst schon die gegenseitigen Stellungsveränderungen wahrnahm und richtig deutete. Es bedarf jetzt des Verweises nicht mehr, daß wir es hier — wenigstens in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle — nicht mit blos optischen Combinationen zu thun haben. Es sind vielmehr Sonnen, die um andere

Sonnen, richtiger gesagt, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt zweier oder auch mehrerer Sonnen laufen, die unter einander, wenn auch immerhin sehr weit abstehend, doch nicht mehr durch das, was wir Fixsternweiten nennen, getrennt sind: Systeme eigenthümlicher und höherer Art, die nächste Stufe aufwärts von den Planetensystemen, in denen sich aber schon deutlich ausdrückt, daß in diesen höhern Ordnungen nicht, wie in den niederen, ein tausend- und millionenfaches Uebergewicht des Centralkörpers stattfindet, wenigstens hier zu den seltenen Ausnahmen gehöre. Der Anfang, die wahrgenommenen Bewegungen als Umlaufsbewegung dem Calcul zu unterwerfen und Kepler'sche Ellipsen aus ihnen abzuleiten, ist gemacht: das Newton'sche Gesetz hat auch hier seinen Triumph gefeiert, und wie schwierig auch die oft auf Bruchtheile von Secunden herabgehende Kleinheit der scheinbaren Abstände die Beobachtungen macht; wie groß auch verhältnißmäßig die Unsicherheit der daraus hergeleiteten Bahnelemente sein möge: so haben sich doch die vorausberechneten Ephemeriden in mehreren Fällen sehr glücklich bestätigt. Durch die Arbeiten Savary's, Encke's, Herschel's II. und meine eigenen sind uns Fixsternsysteme bekannt geworden, deren Umlaufszeit zwischen die des Saturn und Uranus fällt; gegen 50 andere, bei denen Jahrhunderte erfordert werden, bei denen es aber aus den bisherigen, kaum 60 Jahre (in den günstigsten Fällen) umfassenden Beobachtungen schon nicht mehr möglich ist, ein vollständiges Elementensystem, wenn auch nur ganz im Rothen, darzustellen; etwa 400, bei denen die mit Sicherheit constatirten Beobachtungen auf Umlaufzeiten von Jahrtausenden schließen lassen, und wo bis jetzt der Calcul noch sehr wenig ausrichten kann; endlich das große Heer der übrigen, die noch gar keine Stellungsveränderung verrathen, bei denen aber gleichwohl ein physischer Connex, einzelne seltene Fälle ausgenommen,

unabweisbar ist, so daß man bei ihnen Umlaufzeiten, die sich in die Zehn- und Hunderttausende von Jahren erstrecken, annehmen muß. Hier ist also ein Anfang gemacht, aber zur Zeit nur ein schwacher; denn die größte Beharrlichkeit und der glücklichste Scharfsinn vermögen doch nicht der Zeit vorauszuweichen. Die Zukunft wird die Ernte halten, und jedes kommende Jahrzehend neue Doppelsternbahnen den alten hinzufügen, sowie diese schärfer und genauer darstellen. Nach den bisherigen Rechnungen zu schließen, sind diese Bahnen im Durchschnitt weder so nahe kreisförmig als die Planeten- und Mondbahnen, noch so elliptisch wie die der meisten Kometen. Doch reichen die bisherigen Ergebnisse noch nicht hin, hierüber etwas Bestimmtes festzusetzen; und noch weniger sind wir darüber schon zur Gewißheit gekommen, ob etwa die Ebenen, in denen diese Umläufe geschehen, sich wie die der Planetenbahnen einer mittleren Grundebene nahezu anschließen, als welche man z. B. die Ebene der Milchstraße anzunehmen sich geneigt fühlen könnte, oder ob sie, wie die Kometenbahnen, keiner allgemeinen Regel rücksichtlich der Lage ihrer Ebenen unterworfen sind. Wäre Ersteres der Fall, so wäre damit ein sehr wichtiges Moment für den Zusammenhang und die innere Constitution der Fixsternwelt gegeben.

Die Doppelsterne, sowie die verhältnismäßig wenigen 3, 4 bis 6fachen, die bis jetzt beobachtet sind, bilden indeß offenbar nur die einfachste, unterste Ordnung der Systeme, die wir in der Fixsternwelt sehen müssen, insofern wir hier das Gesetz der Schwere walten lassen. Raum der zwanzigste Theil der Sterne bis zur 9. Größe sind Doppelsterne, wenn man für die letztern die Grenzen bis 32" Distanz annimmt. Eine von unserer Willkühr, ohne einen andern Grund als die Nothwendigkeit, die schon so riesenhafte Arbeit nicht zu einer unendlichen zu machen, gesteckte Grenze ist sicher nicht die der Natur, und es wird viele physische Doppelsterne

geben, die über 32 Secunden, vielleicht mehrere Minuten und selbst Grade von einander entfernt sind. Ein Conner der angegebenen Art ist kaum zweifelhaft zwischen den 3 Sternen im Gürtel des Orion, denen des südlichen Kreuzes und mehreren andern, wie bereits Struve dies nachgewiesen hat. Gleichwohl dürften noch viele isolirte Sterne übrig bleiben, die eine solche engere Verbindung mit einem oder einigen andern nicht eingegangen sind und einsam wie die mondlosen Planeten ihre Bahn, die einem System höherer Ordnung angehören muß, dahinrollen; wie dies z. B. augenscheinlich bei unserer Sonne der Fall ist, die nur dunkle Körper, von denen hier nicht die Rede ist, zu ihren Begleitern zählt. Dagegen ist der der Sonne nächste Fixstern, α Centauri, ein wirklicher Doppelstern, und zwar der glänzendste unter allen, welche uns das Firmament bietet.

Auf solche Systeme höherer Ordnung, die aber doch wieder in Bezug auf das Ganze nur Particularsysteme sind, wird man auch noch durch eine andere Betrachtung geführt. Auch die verschiedenen Doppelsternpaare gruppiren sich am Himmel viel zu deutlich, um eine bloße Zufälligkeit anzunehmen. In die 41,200 Quadratgrade des Himmels vertheilen sich, wenn man die von Herschel II. aufgefundenen oben hinzuzählt, etwa 4000 Doppelsterne, also durchschnittlich einer auf einem kreisförmigen Raume, dessen Durchmesser $3^{\circ} 37'$ beträgt. Der Fall, daß zwei oder gar mehrere Doppelsternpaare innerhalb desselben Quadratgrades, ja selbst innerhalb desselben Feldes eines großen Fernrohrs liegen, müßte hiernach ein seltener sein: er ist dies aber keineswegs. Zwei glänzende Doppelsternpaare in der Leyer (ϵ und δ Lyrae) stehen noch nicht $5'$ auseinander, und so finden wir an einigen Orten bis zu 5 Sternenpaare innerhalb eines mit $12'$ Radius beschriebenen Kreises, wobei es zugleich sehr auffallen muß, daß in diesen einander nahe-

stehenden Paaren meistens gleiche oder doch sehr ähnliche Größenverhältnisse der einzelnen Glieder gefunden werden. Also auch dies ist kein bloß optischer Connex, und die so gruppirten Sterne sind eine Verbindung höherer Art mit einander eingegangen, und ein System von Sonnen kreist um den Schwerpunkt, der zwischen ihm und einem zweiten oder noch mehreren Systemen ähnlicher Art stattfindet. Aber welche mächtige Kreise! Wenn wir die beiden oben angeführten Sternenpaare in der Leyer, in deren jedem einzelnen man schon Bewegung wahrgenommen hat, beispielsweise untersuchen, so daß wir statt der wirklichen Distanzen und mittleren Anomalien, die wir nicht kennen, die scheinbaren Distanzen und Winkelbewegungen setzen, und Keplers zweites Gesetz anwenden: so werden wir auf eine Umlaufzeit von etwa einer Million Jahre geführt, so daß erst nach einem Jahrtausend eine Stellungsveränderung mit einiger Sicherheit wahrzunehmen sein wird.

Und gewiß ist dies noch nicht die letzte, ja wahrscheinlich noch nicht die vorletzte der aufwärts gezählten Ordnungen, und es ist kaum einem Zweifel unterworfen, daß sich diese Gruppen von Gruppen abermals gruppiren, ohne daß wir einen Maßstab fänden, der uns die Grenze dieser Potenzirungen an die Hand gäbe, oder das Zeitmaß, welches die letzte und höchste der Perioden bezeichnet, auch nur in Gedanken erreichen könnten. Wo bleiben da die Maße, die für uns Zeit und Raum bestimmen!

Man kann indeß bei dieser Betrachtung die Bemerkung nicht unterdrücken, daß diese Verbindungen, je höher hinaus, desto lockerer zu werden scheinen. Schon in den niedersten dieser Fixsterngruppen, den Doppelsternen, ist der Fall selten, daß einer der beiden Sterne um mehr als 3 Größenklassen den andern überglänzt: die einzelnen Glieder eines solchen Paares stehen einander dem Glanze, und also auch wohl der

Masse nach weit näher, als zwei beliebig gewählte Fixsterne im mittleren Durchschnitt. Dagegen ist der Fall sehr häufig, daß sie kaum oder gar nicht von einander zu unterscheiden sind, wie bei γ Virginis und γ Urietis, obgleich die große Nähe die Wahrnehmung selbst sehr kleiner Unterschiede des Glanzes offenbar begünstigt. Also schon hier fängt der Begriff eines Centralkörpers an uns zu entschwinden; schon hier begegnen wir einer bedeutenden Ermäßigung der streng monarchischen Form, nach welcher das Sonnensystem und seine ihm untergeordneten Gruppen organisiert sind. Noch mehr aber verschwindet der Gegensatz zwischen Central- und secundärem Körper, wenn wir höher hinaufsteigen. Es sind dies, wenn ich mich so ausdrücken darf, freier organisirte Verbindungen beiläufig gleich potenter Glieder, und da sie auch in Beziehung auf das Licht und die davon abhängenden physischen Verhältnisse von einander unabhängig und nicht wie die Monde und Planeten auf einen Centralkörper angewiesen sind: so haben wir hier einen bedeutsamen Fingerzeig, in klos analogen Schlüssen vorsichtig und zurückhaltend zu sein und nichts als sicher und ausgemacht anzunehmen, was durch keine Thatsache der Beobachtung unterstützt ist. Schon oben bemerkten wir, daß sich keine Centralsonne finden wolle, die dem Fixsternsystem das sei, was die Sonne den Planeten ist: die gegenwärtigen Betrachtungen dürften zu dem Schlusse führen, daß wir auch nach keiner zu suchen haben. Ein weites Feld für die Forschungen künftiger Analysten! Nicht auf die Mittelpunkte physischer Massen, sondern auf ideale Schwerpunkte im freien Weltraume müssen hier die Bewegungen bezogen werden, und es wird nicht länger genügen, das Problem der drei Körper bloß unter den beschränkten Voraussetzungen, die unser Sonnensystem darbietet, aufzulösen. Wir ahnen eine große, wundervolle Harmonie, aber wir dürfen auch selbst für unsere Nachkommen nicht mehr

hoffen, als daß sie einzelne Accorde derselben auffassen werden. Wir haben ihnen ein Feld der Forschung eröffnet, das unermesslich zu werden verspricht und Alles, was die Zukunft an Erfindungen und Vervollkommnungen der theoretischen wie der praktischen Hilfsmittel bieten dürfte, in vollen Anspruch nehmen wird.

Aber alles dies, wird man entgegnen, betrifft die Bahnen und Bewegungen: soll denn diese ins Unermessliche gehende Arbeit uns nie etwas über diese Körper selbst lehren? Sollen wir ihre Größe, ihre Oberfläche, ihre innere Natur nie kennen lernen? Nie die Planeten und Kometen, welche um sie kreisen? Es ist mißlich, mit Nein zu antworten in einer Zeit, die so Vieles früher für chimärisch Geachtete unter unseren Augen verwirklicht, die mit Lichtstrahlen zeichnet und uns die Luft als festen Körper in die Hand giebt, die verborgensten Kräfte der Natur hervorzieht und dienstbar macht. Dennoch aber wage ich es auszusprechen, daß die Erdbewohner nie über jene Fragen direct etwas erfahren werden. Man gebe einem Fixstern einen hundertmal so großen Durchmesser als der Sonne, setze ihn also zu dieser in ein Verhältniß, wie die Sonne zur Erde steht, und er wird dennoch, wenn er nicht eine weit größere Parallaxe als die bisher erforschten hat, im stärksten Fernrohr als untheilbarer Punkt erscheinen müssen und nur die von der Form und Deffnung des Objectivs abhängende falsche Scheibe zeigen. Sind die Fixsterne durchschnittlich so groß als unsere Sonne, so erscheint z. B. α Centauri unter einem Halbmesser von $\frac{1}{114}''$, und α Lyrae unter einem von $\frac{1}{450}''$, 61 Cygni von $\frac{1}{310}''$; und noch existirt kein Fernrohr, welches über einen Halbmesser von $\frac{1}{2}''$ mit Gewißheit entscheiden ließe. Die angeführten Beispiele sind allem Anschein nach die, wo die Parallaxen und also auch die scheinbaren Durchmesser (unter obiger Voraussetzung) noch am größten herauskommen; denn das Mißlingen ähnlicher Untersuchungen bei allen übrigen

Sternen scheint nur dadurch seine Erklärung zu finden, daß die Parallaxe zu klein selbst für unsere schärfsten mikrometrischen Hilfsmittel ist. — Die Massen dagegen kennen zu lernen, ist allerdings eine Aussicht vorhanden bei Doppelsternen, wenn es nämlich gelingt, neben den Elementen ihrer Bahn, in welcher die scheinbaren Halbmesser vorkommen, auch die Parallaxen zu erforschen, wodurch die scheinbaren sich in wahre Distanzen verwandeln, aus denen man dann nach Keplers Regel die Summe der beiden Massen ableitet, welche das Doppelgestirn bilden. Ein Anfang ist gemacht: die beiden Sterne, welche 61 Cygni bilden, haben zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ der Sonnenmasse. Damit aber sind keinesweges die Volumina, und also auch nicht die Durchmesser gegeben, denn es fehlt uns die Dichtigkeit, und nur wenn wir uns erlauben wollen, diese z. B. der unserer Sonne gleich zu setzen, können wir jene hypothetisch daraus ableiten. Ihre Planeten und Kometen werden wir nie sehen, weil aus jenen Fernen nichts, was nicht mit eigenem Lichte leuchtet, in unser Rohr gelangen kann. Man bedenke, daß noch kein Komet, selbst nicht der große von 1811, bis zur Jupitersbahn verfolgt werden konnte, also nicht bis zu $\frac{1}{40000}$ der Distanz, welche uns vom nächsten Fixstern trennt. Man betrachte das bleiche, trübgraue Licht des gewaltigen Uranus und frage sich, was in zehn- und hunderttausendfachen Entfernungen von ihm noch wahrnehmbar sein könnte. — Von einigen Fixsternen werden wir die Rotationen erforschen oder haben sie schon erforscht, unter der Voraussetzung nämlich, daß der an ihnen wahrgenommene Lichtwechsel von einer solchen Rotation herrühre. Allein schon jetzt ergeben sich in mehreren einzelnen Fällen Zweifel über die Zulässigkeit oder doch Wahrscheinlichkeit einer solchen Hypothese. Wenn Algol z. B. 66 Stunden hindurch in gleicher Helle glänzt, und sodann 3 Stunden lang die vierte statt der zweiten Größe zeigt, also nur $\frac{1}{6}$ seines frühern

Lichtes zur Erde sendet, so reicht eine Rotation zur Erklärung nicht aus, man möge sich die dunklen Flecke der Oberfläche vertheilt denken, wie man wolle.

Was wir bis jetzt von Veränderungen in der Fixsternwelt wahrgenommen haben, beschränkt sich auf äußerst wenige isolirte Thatfachen, deren keine bis jetzt genügend erklärt ist. Die verschwundenen wie die neu erschienenen Sterne gehören zu den allerseeltensten Phänomenen, und es ist den Zeitgenossen einer Begebenheit wie der neue Stern 1572—1574, der am hellen Tage sichtbar war, nicht sehr zu verargen, wenn sie an das Ungeheuerste und Gewaltsamste, an eine im Feuer untergehende Welt dachten. Nur wird es gestattet sein, hier, wo so viele Möglichkeiten offen stehen, eine solche zu wählen, welche mit einer bleibenden Ordnung der Dinge verträglich ist. Wenn die freilich weniger beglaubigten analogischen Erscheinungen 1260 und 945 einigen Grund haben — in der That deuten sie auf dieselbe Gegend des Himmels, die Cassiopeja, hin — so ist eine Periode von 315 Jahren nicht unwahrscheinlich, und die Entscheidung werden die letzten Decennien des gegenwärtigen Jahrhunderts geben. —

Unsere bisherigen Betrachtungen führten uns in weite Fernen, und allerdings sind sie es hauptsächlich, in welchen die Wissenschaft der künftigen Jahrhunderte ihre Triumphe feiern wird, aber sie sind es nicht ausschließlich. Kein Kenner der Astronomie wird das, was wir von unserm Sonnensystem, von der Beschaffenheit seiner einzelnen Globen bis jetzt wissen, als etwas Fertiges und Abgeschlossenes betrachten wollen. Noch ist nach keiner einzigen Seite hin die Aufgabe durchgeführt, selbst nicht im Verhältniß zu den gegenwärtigen Hülfsmitteln, ja die Lösung mancher Frage hat noch gar nicht begonnen. Der Stoff, welcher sich hier bietet, würde für sich allein schon hinreichen, die Sternwarten in die regste Thätigkeit zu setzen. Außer den nie zu versäu-

menden absoluten Ortsbestimmungen, durch welche allein es möglich ist, den wahren Bahnelementen immer näher zu kommen, werden die Partialsysteme des Jupiter, Saturn und Uranus noch manches Jahrhundert hindurch die Riesenferrndröhre beschäftigen. Daß die große Entfernung besonders der beiden letzten Planeten kein absolutes Hinderniß einer genauen Kenntniß sei, davon läßt sich ein glänzendes Beispiel aufführen. Saturn und sein System stehen fast 4000mal weiter als der Mond von der Erde ab, und dennoch hat Vessel, indem er vier Jahre hindurch die Kraft seines Heliometers auf den 6. Saturnsmond wandte, seine Bahn mit allen Nebenbestimmungen fast eben so genau abgeleitet, als die unseres eigenen Trabanten. Er hat die Schärfe seines Calculs bis auf die Störungen, die dieser Satellit durch die Anziehung der Ringe erleidet, ausgedehnt; er hat daraus einen numerischen Ausdruck für die Masse des Ringes ($\frac{1}{118}$ der Saturnmasse) und unter der Hypothese einer gleichen Dichtigkeit wie Saturn, auch seine Dicke (29 geogr. Meilen) abgeleitet. Nichts hindert, dieselbe Sorgfalt auch allen übrigen Trabanten zu Theil werden zu lassen. Höchst merkwürdige Wechselbeziehungen hat uns bereits das Jupitersystem kennen gelehrt. Das Partialsystem Saturns, das reichste und mannigfaltigste von allen, wird uns davon noch mehrere und ganz eigenthümliche darstellen, und die Analyse wird hier Probleme lösen, die über die Gestalt der Ringe, über die Richtung der gegenseitigen Anziehungskräfte, über die Vertheilung des Flüssigen auf Saturn und seinen Ringen u. s. w. belehren werden. Ein Umstand verdient die besondere Aufmerksamkeit der Beobachter. Sind die Räume zwischen Planet und Ring, sowie zwischen den verschiedenen Ringen wirklich leerer Himmelsraum? Bei der großen Nähe dieser Massen einerseits und ihrer Lockerheit andererseits liegt die Vermuthung nahe, daß wenigstens eine atmosphärische

Verbindung zwischen ihnen fortbesteht, wie sie einst gewiß bestand. Noch ist keine Beobachtung bekannt, daß man zwischen Saturn und seinen Ringen hindurch einen Fixstern gesehen. Der freilich sehr seltene Fall verdient alle Aufmerksamkeit und die sorgfältigste Vorausberechnung.

Sind erst die Uranusmonde sämmtlich wieder entdeckt (was wohl nur der tiefste Stand dieses Planeten für Europa in den letzten 30 Jahren verhinderte), so wird man sich nicht mehr damit begnügen wollen, womit der erste Entdecker, der uns wenig mehr als eine dunkle Kunde ihres Daseins gegeben, sich begnügen mußte. Er fand ihrer sechs, von denen er indeß nur zwei als ganz gewiß bezeichnete: leicht könnten die übrigen keine teleskopische Fixsterne gewesen sein. Jene beiden haben Herschel II. am Cap und nun auch Lamont in Bogenhausen gesehen, Letzterer auch noch einen dritten, und sie haben ihre Bahnen, soweit die ungewein schwierige Beobachtung es zuließ, abgeleitet.

Ferner wird eine sorgfältige Untersuchung derjenigen Räume, wo noch Planeten zu vermuthen sind, entweder das Sonnensystem erweitern oder uns den Bestand desselben als einen abgeschlossenen kennen lehren. Von zwei Regionen des Planetenraums ist Letzteres anzunehmen, nemlich von dem zwischen Merkur und Mars, und dem zwischen Jupiter und Uranus. Die Aufmerksamkeit der Astronomen, seit Bode 1777 auf die Lücke zwischen beiden hindeutete und Piazzi glücklich den ersten Fund darin that, war vorzugsweise dieser Mittelregion zugewendet; merkwürdiger Weise aber sind, nachdem in noch nicht 7 Jahren 4 kleine Planeten gefunden wurden, in den letzten 39 Jahren keine neuen hinzugekommen. Fehlen sie wirklich, oder hat ihnen bisher nur ein zweiter Oberd gefehlt?

Aber auch nach der innern und äußern Grenze des Planetenraumes hin möge die Forschung sich richten. Schwabe

in Dessau, der nun durch zwanzig Jahre die Sonnenoberfläche zu seinem Studium macht, wird hoffentlich einen Nachfolger in heitern tropischen Gegenden finden. Ein solcher wird erwarten dürfen, alle Körper, die sich zwischen Erde und Sonne aufhalten, irgend einmal durch die Sonne gehen zu sehen, und schon die sehr kurze Zeit von einigen Minuten wird ihn an seiner Bewegung, die mindestens dreißigmal rascher als die eines Sonnenflecks ist, erkennen lassen. Was für die äußere Grenze zu thun sei, ist oben bereits erörtert worden.

Gehen wir nunmehr über zu dem, was die Oberflächen der Planeten uns darbieten. Früherhin ward dieser Gegenstand fast nur gelegentlich von den Astronomen untersucht, und was Hevel, Cassini, Maraldi mit ihren unvollkommenen chromatischen Ferngläsern geleistet, blieb bis spät ins 18. Jahrhundert hinein das Einzige, was wir besaßen. Herschel I. nahm die Forschungen wieder auf, Schröter eiferte ihm nach, doch noch fehlten der Astronomie die rechten Mittel, und den Beobachtern häufig eine Uebung, zu der sonst diese Wissenschaft nicht viel Veranlassung giebt, die im freien Handzeichnen. Die „Royal Astronomers“ hielten es zum Theil sogar unter ihrer Würde, sich diesem Zweige zu widmen, und Maskelyne hat von Herschel's großartigen Untersuchungen möglichst wenig Notiz genommen. Jetzt, wo die Sternwarten sich nach und nach mit Riesenfernrohren bewaffnen, haben solche Untersuchungen aufs Neue begonnen, und dies Mal von bessern Rechnungsmethoden unterstützt und nach einem strengeren Plane fortgeführt. Der mehr als 100jährige sonderbare Streit über die Rotation der Venus ist endlich ganz vor Kurzem eben da entschieden, wo er angeregt ward, in der alten ewigen Roma, und Bianchini's Periode, die so sonderbar abwich, ist wohl nun für immer beseitigt. Karten der Planetenoberflächen sind im Entstehen begriffen; Mailler, astronomische Briefe.

die Flecke werden in Bezug auf ihre Veränderlichkeit untersucht. Hier steht noch eine reiche Ernte, eine große Erweiterung und Vervollständigung unserer noch fragmentarisch dürftigen Kenntniß bevor. Man wird auf diese Weise erfahren, was die Planeten in physischer Beziehung mit einander gemein haben und worin sie verschieden sind, ob Atmosphären, und von welcher Beschaffenheit, sie umhüllen, ob ihre Oberflächentheile constant oder veränderlich seien. Selbst ihre Witterungsphänomene mögen Einiges darbieten, was uns nicht unerforschlich ist; die veränderlichen Schneezonen des Mars, in denen sowohl der Wechsel der Jahreszeiten, als auch das verschiedene Verhalten der beiden Halbkugeln kaum zu verkennen ist, geben uns schon jetzt ein Beispiel. Viel Vorsicht wird freilich nöthig sein, um nicht in die alten Fehler zu verfallen, die selbst ein Huygens und Fontenelle nicht vermieden und die heut in der sogenannten Conjectural-Astronomie wiederum gefährliche Klippen bilden: ich meine die voreilige Neugier, mit welcher man Dinge herauszubringen sich bemüht, die nicht ohne die willkürlichsten Annahmen aus den Beobachtungen gefolgert werden können, und die sich in der Frage nach den Bewohnern der Weltkörper concentriren. Wir werden nie sie selbst kennen lernen, allerdings aber Manches, was sie betrifft. Verbunden mit den bekannten Verhältnissen der Dichtigkeit und Schwere an der Oberfläche werden die auf physische Veränderungen zu beziehenden Beobachtungen wenigstens die Frage: ob jene Planetenbewohner in physischer Beziehung uns ähnlich sein können, und wie weit im entgegengesetzten Falle die Verschiedenheiten mindestens gehen müssen, beantworten. Darauf aber müssen die Erwartungen sich beschränken; wer durchaus mehr verlangt, als die Wissenschaft ihm bieten kann, wird seine Zuflucht zu jenen poetisirenden Producten nehmen müssen, die mehr oder minder dreist uns über Leben und

Treiben auf den Planeten und Monden belehren, und an denen es wohl auch in Zukunft nicht fehlen wird.

Da wir hier nur mit Hinblick auf diese sprechen, so sei ein anderer hierher gehörender Gegenstand nur kurz erwähnt, da er in der Gegenwart schon genügend dargestellt werden kann und theilweise schon ist: nemlich diejenigen kosmischen Verhältnisse, die sich aus den bekannten Umlaufs- und Rotations-Elementen für die Oberfläche eines Planeten ergeben. Wie und in welchem Verhältniß werden seine einzelnen Zonen beleuchtet und solar erwärmt? Wie ordnen sich die Jahres-, Tages- und vielleicht noch andere intermediale Zeiten? Was erblickt er an seinem Himmel und in welcher Folge? Welche astronomische Phänomene bieten sich ihm dar, und wie sind seine Bewohner in Bezug auf Himmelsforschung und Kunde des Universums äußerlich gestellt? In welchen Punkten stehen sie gegen den Forscher auf unserer Erde im Vortheil und in welchen im Nachtheil? Auf diese und ähnliche Fragen ist die Antwort im Grunde gar nicht schwer, und sie wird nur da lückenhaft ausfallen, wo die Rotationselemente nicht oder nicht vollständig gegeben sind (bei den Bahnelementen ist dies nirgends der Fall). Man hatte diese einfachen und gleichwohl ganz und gar nicht unwichtigen Folgerungen, bei denen keine Hypothesenklippe zu fürchten war, vielleicht zu lange versäumt, während man nicht müde ward, den Stein des Sisyphus zu wälzen und über Unerforschliches hin und her zu reden.

Das Gesagte gilt nun insbesondere von demjenigen Weltkörper, der uns zum unmittelbarsten Begleiter gegeben ist, vom Monde der Erde. Seine verhältnißmäßig so geringe Entfernung gewährt die Möglichkeit, schon mit bloßem Auge auf seiner Oberfläche Verschiedenheiten wahrzunehmen in einem Detail, wie wir es nur durch sehr starke Ferngläser bei einigen wenigen der Planeten erhalten können. Der Er-

findung des Fernrohrs waren fast unmittelbar die ersten Versuche gefolgt, seine Oberfläche darzustellen, und bereits Galilei eröffnet diese selenographischen Bestrebungen. Hevel, Riccioli, Cassini im 17., J. Mayer, Labire und Schröter im 18. Jahrhundert gaben mit mehr oder minderm Erfolge Karten des Mondes; Letzterer ging tiefer ins Detail als seine Vorgänger, verband aber seine Fragmente nicht zu einem systematischen Ganzen. Das gegenwärtige Jahrhundert ist auch hierin planmäßiger und strenger zu Werke gegangen, und die Methode, welche die jüngsten Selenographen, unter ihnen auch der Verfasser, befolgt haben, wird sich auch bei noch detaillirteren Darstellungen bewähren. Auch sind seine Berge und Thäler nach ihren verticalen Dimensionen, so weit dies möglich, bestimmt worden, und diese Arbeiten haben uns sogar zur astronomischen Plastik, einem ganz neuen Zweige der praktischen Wissenschaft, geführt, als dessen geniale Schöpferin Wilhelmine Witte in Hannover zu bezeichnen ist. Ihre Arbeiten erwarten noch die Hülfe der Galvanoplastik, um gemeinnütziger zu werden, als ein einzelnes Cabinetstück es sein kann. Allein obgleich man es mit Händen greifen kann, obgleich viele Gegenden unserer Erde, was die Kenntniß ihrer äußeren Gestalt betrifft, gegen unsern Trabanten, wie ihn diese neuesten Arbeiten dargestellt haben, weit zurückstehen, — dennoch sind Erwartungen, wie sie schon das vorige Jahrhundert hegte, unbefriedigt geblieben und mußten es bleiben. Als durch die Herschel'schen Teleskope plötzlich ein Riesenschritt im Herbeiziehen der Weltkörper geschah, nar man ängstlich gespannt auf den Moment, wo es gelingen würde, die Seleniten zu erblicken. Schröter glaubte auch in der That zwar nicht sie selbst, doch einiges auf sie zu Beziehende gefunden zu haben; dreister noch trat Grunthuyssen mit Behauptungen auf, die vom großen Publikum günstiger als

von den Astronomen aufgenommen wurden. Er wollte die Wohnungen der Seleniten entdeckt haben, gab uns Pläne ihrer Festungswerke, bestimmte die Vegetationsverhältnisse, selbst den organischen Bau der Mondbewohner glaubte er in gewissen Punkten wenigstens bestimmen zu können. — Wird man auf diesem Wege fortfahren, da doch wohl die Neigung der Menschen, Wunderbares zu hören, dieselbe bleiben wird? Wir hoffen: Nein. Mit einer gründlichen Forschung, die alles Thatsächliche auf sichere Weise bestimmt und die Resultate ihrer Messungen und Berechnungen im Zusammenhange darstellt, vertragen sich nicht solche apokryphische, eines gewissen Hellbunkels bedürfende Beobachtungen. Wer fortan auf dem Monde Neues entdeckt — und es ist dort noch Vieles zu entdecken — wird sogleich den selenographischen Ort auf der Karte nachweisen können, und die Prüfung wird leicht und sicher sein. Auch der nicht astronomische Theil des Publikums wird an einem solchen Treiben, wie wir es bisher so häufig gesehen, zuletzt keinen Gefallen mehr finden. Die wissenschaftliche Mondforschung verfolgt ein würdigeres Ziel, und kümmert sich nicht um jene Wundergeschichten. Sie sucht für ihre diesseits zu cultivirende Geologie ein Gegenbild in einer mit jener zu parallelisirenden Selenologie. Sie fragt, wie, wenn und in welcher Stufenfolge das, was uns jetzt vor Augen liegt, entstanden sei; sie hofft, zu mancher auf unserer Erde bereits unkenntlich gewordenen, gealterten und abgestorbenen Form die noch frische, ungeführte, scharf ausgesprochene — wenngleich brüchlich mobilisirte — im Monde zu finden. Sie will wissen, ob Veränderungen, wie unser Erdbörper sie erlitten und theilweise noch erleidet, auch auf dem Monde noch jetzt wahrnehmbar sind; sie will das gegenseitige Verhalten der verschiedenen, dem Monde eigenthümlichen Formen kennen lernen. Die Frage über eine die Atmosphäre ersetzende Umhüllung,

nach einem die Stelle unsers Wassers einnehmenden Fluidum — nachdem sie sich überzeugt hat, daß sie unsere Luft, unser Wasser dort nicht zu suchen habe — will sie, wenn irgend möglich, zur Entscheidung führen, sowie den Ursachen der Verschiedenheit des Lichtreflexes auf die Spur kommen. Das eigenthümliche Rotationsverhältniß des Mondes, vermöge dessen fast eine volle Hälfte seiner Oberfläche der Erde auf immer verborgen bleibt, und dessen Grund sie bereits theoretisch nachgewiesen, will sie bis in seine feinsten Einzelheiten hinein erforscht sehen und die noch etwa übrig gebliebenen Schwankungen ermitteln, da diese gestatten, direct auf das ursprüngliche Verhältniß zurückzuschließen. Und wenn sie auch die Fragen über Bewohnbarkeit und wirklich existirende Bewohner des Mondes nicht ganz aus ihrem Bereiche verweist, so werden sie dennoch im Vergleich zu den angeführten stets von untergeordnetem Werthe bleiben, nicht als ob sie an sich selbst gleichgültig wären, sondern weil sie sich stets nur indirect, mit Vorbehalten und unter Voraussetzungen, werden beantworten lassen; und weil zu Tage liegt, daß voreilige Speculation über diese transcendenten Gegenstände uns wohl für den Augenblick angenehm zu unterhalten, nicht aber wissenschaftlich weiter zu führen vermag.

Dazu verlangt sie eine den optischen Hülfsmitteln angemessene, möglichst detaillierte Darstellung der Mondoberfläche, ihrer Farben und Formen, nach wissenschaftlichen Principien ausgeführt. Gegenwärtig ist die Aufgabe wohl ziemlich so weit gelöst, als der Einzelne sie lösen kann; denn dem Fernrohr läßt sich zwar ein größeres, aber der Dauer des Menschenlebens nicht ein längeres substituiren. An eine Vereinigung Mehrerer zu einem gemeinschaftlichen Werke dieser Art, — die auch nicht blos äußere Schwierigkeiten, sondern noch größere in der Natur des Gegenstandes selbst

findet — ist vorerst nicht zu denken, auch wohl kaum zu wünschen, daß die der Astronomie im Ganzen zu Gebote stehenden, nichts weniger als im Uebermaaß vorhandenen Kräfte einem einzelnen Object mit Benachtheiligung der andern gewidmet werden möchten. Daher scheint es, daß wir in der nächsten Zukunft von denen, welchen Riesenfernrohre zu Gebote stehen, und welche sich einer solchen Arbeit unterziehen, nur detaillierte Darstellungen einzelner Mondlandschaften erhalten werden. Nicht eher, bis man möglichst ins Einzelne gegangen ist, die kleinste Bergkuppe, den niedrigsten Landrücken, den feinsten Krater, die schmalste Rille, die das Fernrohr irgend zur Anschauung bringen kann, dargestellt hat, wird ein Urtheil über etwaige physische, reale Veränderungen gestattet sein. Möglich indeß, daß der Gegenstand einst ein eigenthümliches Interesse gewinnt, und daß eine Vereinigung, wie sie oben angedeutet, zu Stande kommt und die äußeren Bedingungen des Gelingens gesichert steht.

Es schien angemessen, das Zukunftsbild der Himmelskunde in einiger Ausführlichkeit zu geben. Der Verfasser fürchtet nicht, daß man ihn einer Anmaßung finden werde. prophetisirenden Ton in seiner Darstellung finden werde. Wenn eine Wissenschaft dahin gelangt ist, sich ihres Zieles und der zu seiner Erreichung führenden Mittel bewußt zu sein, so darf sie es wagen, in die Zukunft zu schauen; und einzelnen ausgezeichneten Geistern ist dies sogar schon früher vergönnt. Wie schön hat sich Seneca's Wort, wozu ihm die Kometenerscheinungen seiner Zeit Veranlassung gaben, anderthalb Jahrtausende später erfüllt, — an einem Orte freilich, wo er es wohl nicht erwartet hatte — in den Hyperbore-

ſchen Wäldern! *) Wie richtig hat Halley der Nachwelt den Weg gewieſen, wie ſie die Parallaxe der Sonne und mit ihr alle räumlichen Dimenſionen innerhalb ihres Syſtems zu finden habe! Das Wo und Wie bliebe dahingeſtellt. Die Wiſſenſchaften in ihrer höhern Vollendung können nur gedacht werden als ein Gemeingut der Menſchheit, und ein Volk, das ſich in ihnen iſoliren will, hat ſich ſelbſt ſein Urtheil geſprochen. Nur die Bemerkung ſei uns geſtattet, daß wir nicht zu denen gehören, die einen neuen Einbruch der Barbarei — von Innen oder Außen her — ähnlich dem, welcher der Blüthe des claſſiſchen Alterthums ein ſo trauriges Grab bereitete, fürchten. Längſt hat die Wiſſenſchaft auch über die rohe Naturkraft geſiegt, und die Inter-eſſen der civilisirten Völker ſind viel zu eng verſchwiſtert, als daß ſie ſich im wilden Kampfe ihren eigenen Untergang und damit auch den der Wiſſenſchaft bereiten ſollten. Vielmehr halten wir den Fortſchritt des Wiſſens äußerlich für geſicherter als je, und ſind überzeugt, daß es ſich zu unentbehrlich gemacht habe, um je in Verachtung und Vergessenheit ſinken zu können. Was nun die Aſtronomie insbeſondere betrifft, ſo hat ſie eine Seite, nach welcher ſie materielle Wichtigkeit für die Schifffahrt, die Zeitrechnung und viele andere Momente des Völkerverkehrs behauptet; eine andere dagegen,

*) Hier ſeine Worte: „Wundern wir uns nicht, daß wir das Geſetz der Bewegung der Kometen, deren Anblick uns ſo ſelten geſtattet iſt, nicht kennen; daß wir weder Anfang noch Ende des Umlaufs dieſer Geſtirne, die aus unermesslichen Fernen zu uns herniederſteigen, erforscht haben. Raum ſind es funfzehnhundert Jahre, daß Griechenland die Geſtirne gezählt, daß es ihnen Namen gegeben hat. — Einst wird der Tag kommen, wo durch jahrhundertlanges, fortgeſetztes Studium klar werden wird, was jetzt noch verborgen iſt, und die Nachwelt wird erſtaunen, daß ſo einfache Wahrheiten uns entgehen konnten.“

wo ſie nur allein im Dienſte des Geiſtes ſteht, und ihn die erhabenſten Ideen über Gott und Welt, über Zeit und Raum faſſen läßt. Von einer Zeit, die mehr und mehr dem Praktiſchen, den materiellen Inter-eſſen, der Entwicklung und Dienſtbarmachung der Naturkräfte ſich zuwendet, und die von der Noth des Augenblicks auch mächtig genug zu dieſer Richtung getrieben wird, könnte man vielleicht die Verſüchtung hegen, ſie werde nur die eine, die praktiſche Seite der Aſtronomie in ihren Schutz nehmen, ſie werde die Himmelskunde bloß brauchen, nicht ſich an ihr erheben wollen; und es läßt ſich nicht läugnen, daß ſchon manche Stimmen in dieſem Sinne laut geworden ſind, und man gefragt hat, ob die großen Summen, die namentlich mehrere neue Sternwarten gekoſtet haben und fortwährend koſten, nicht hätten nützlicher (!) angewandt werden können und ſollen. — Von der andern Seite tritt die Aſtronomie, wenn auch nicht in offenen Kampf, doch in ein geſpanntes Verhältniß zu denen, welchen die frühere faſt excluſivlich philologiſche Richtung der Gelehrſamkeit beſſer zuſagte und die ſich in den Glauben der Gelehrſamkeit beſſer zuſagte und die ſich in den Glauben hineinstudirt hatten, alles Große und Vortrefſliche, alles Schöne und Erhabne ſei nur bei den Alten zu finden, nur durch ſie zu erlangen. Es iſt natürlich, daß diejenigen, welche die bezeichnete Richtung genommen hatten und in ihr allein das Heil erblickten, die es durchgeſetzt hatten, excluſiv für eigentliche Gelehrte zu gelten, und in einer ewigen Abhängigkeit von den alten Claſſikern die Beſtimmung der Menſchheit ſahen, mit ſcheelen Augen Fortſchritte betrachteten, die auf ganz anderen und ſelbſtſtändigen Wegen gewonnen waren und deren Ziel im Unendlichen lag. Noch heut muß ſich die Aſtronomie aus den Lehrplänen der Schulen größtentheils verdrängt ſehen, und man gönnt ihr höchstens ein Nebenplätzchen unter der Regide der Phyſik oder der Geographie. — Doch wir ſind ohne Furcht. Ihre

innere Trefflichkeit, die Consequenz ihrer Lehrsätze, die überraschend großartigen Resultate, zu denen sie geführt hat und führen wird, ihr ernster und — wenn der Ausdruck erlaubt ist — religiöser Charakter — religiös nicht im beschränkten, engherzig kirchlichen, sondern im universellsten und erhabensten Sinne, den dieses Wort haben kann — muß die Zahl ihrer Verehrer fortwährend wachsen lassen, und da sie kein System als das der Natur, kein Vaterland als die Wahrheit kennt, so wird sie nie an individuelle Ansichten und Richtungen gebunden sein und nie Parteizwecken dienen können. Wir sahen leider bisher noch keine Religion, noch keine Philosophie ohne Weinamen, die Astronomie aber hat sich, seit sie ihrer ersten Kindheit entwachsen war, nie einen solchen aufdringen lassen und wird es auch in Zukunft nie. In ihr wird der Geist Erhebung und Kräftigung, das Gemüth Sammlung und Ruhe finden; zu ihr werden sich endlich Alle wenden, die ein Höheres suchen, als diese Erde ihnen bieten kann.

Und haben wir nun noch denen zu antworten, die nach dem Nutzen fragen und kaufmännisch Kosten und Gewinn berechnen? Wir haben schon oben angedeutet, daß die Astronomie des materiellen Nutzens nichts weniger als baar ist, und wir wissen, daß es in ihr so wenig als in andern Zweigen der Naturwissenschaft möglich sein wird, den im engeren Sinne praktischen Theil von dem reinwissenschaftlichen abzusondern in dem Sinne, daß man den ersteren ganz und allein hätte. Aber wir wollen an diese Instanz nicht appelliren, und glauben es auch nicht nöthig zu haben. Wir wollen der Menschheit nützen und freuen uns, wenn in Folge des durch uns gestifteten Curfes der Schiffe Menschenleben vor dem Untergange bewahrt werden und wenn die durch unsere Mitwirkung entstandenen und fortwährend berichtigten Karten den Völkerverkehr erleichtern und befördern; aber wir wollen

den Werth unserer Leistungen nicht durch mercantile Rücksichten bestimmen lassen, nicht unsere Berechtigung auf diese Basis gründen.

„Wenn man mich fragt — sagte einst ein tiefer Denker — welchen Nutzen hat diese oder jene Wahrheit, so weiß ich nichts Vortheilhafteres für sie zu erwiedern als: sie nützt zu Nichts. Nützen heißt Mittel sein zu etwas Gutem, allein die Wahrheit ist ein Gut an sich, und zwar das höchste; zu welchem höhern also sollte sie führen, wozu noch nützen?“ In der That wer bei Allem nach dem Nutzen fragt, geräth in einen immerwährenden Widerspruch mit sich selbst: er will das Niedere um des Höheren willen, und verschmäht doch das Höchste, weil er über ihm hinaus nichts mehr erlangen kann. — Noch hat es wahrlich Niemanden gereut, sich mit reinem Sinne dem Dienste der Wissenschaft gewidmet zu haben, und noch kein edles Gemüth hat sich von den Lehren, welche die Betrachtung des Himmels darbietet, hinweggewandt. Jedem noch durch kein Vorurtheil verblendeten Menschen sagt es eine innere Stimme, daß er in der Naturbetrachtung die Gottheit finden werde: und von welchem Zweige des Wissens gälte dies mehr, als von der Astronomie!

Und wäre es kein Gewinn, daß Aberglauben und Vorurtheile aller Art schwinden müssen vor dem Lichte, das die Wissenschaft aufsteckt? Man gehe zurück in die Vorzeit und sehe, wie nicht allein der gemeine Mann, sondern auch die höhern Classen der Gesellschaft von abergläubischen Thorheiten beherrscht werden, wie selbst der Gelehrte sich nicht ganz von ihnen frei machen kann. Die Gräueltathen, die der Aberglaube in seinem Gefolge hat, und vor denen unser Zeitalter zurückschauert, sind vielleicht noch nicht das schlimmste der Uebel, das er der Menschheit bereitet. Was ist denn die Natur dem in solchen Thorheiten Befangenen? Er sieht

ja in ihr nicht den Tempel des allweisen und allmächtigen Gottes, sondern den wüsten Tummelplatz von Schreckbildern seiner Phantasie; er kann keine reine Freude an ihr haben, nicht an ihren Herrlichkeiten seinen Geist erheben, sondern er muß sie fliehen als die Werkstätte gespenstischer Wesen, die ihm tückisch auflauern und gegen die er sich schwach und ohnmächtig fühlt. Was nur im Geringsten aus dem Gewohnten und Alltäglichen heraustritt, erfüllt ihn mit Furcht, denn nicht der liebende Schöpfer, sondern eine zürnende und rachebürstende Gottheit tritt ihm entgegen. Soll ich das trostlose Bild noch weiter ausmalen? Glückliche, wer in einer denkenden Naturbetrachtung das einzig sichere Mittel gefunden hat, vor dieser Geißel des Menschengeschlechts auf immer bewahrt zu bleiben. In ihrer Cultur in ihrer immer weiteren Ausbreitung bis in die untersten Kreise des Volks liegt das einzige Mittel, die Hyder mit Erfolg zu bekämpfen. Sie wird einst unterliegen, um nie wieder das Haupt zu erheben, und alsdann erst wird die Menschheit ihres Daseins wahrhaft froh werden.

Wir haben unsere Ueberzeugung ausgesprochen, daß die Astronomie nicht stille stehen, daß sie noch weniger in die alte Verachtung und Vernachlässigung zurückfallen könne: wir sehen die Erfüllung alles dessen, was wir als Hoffnung angedeutet, im Geiste vor uns. Wir glauben, daß unter den Mächtigen dieser Erde auch in Zukunft ein Wettstreit stattfinden werde, sie zu fördern, und erwarten von diesem Streben die schönsten Früchte: aber wir sind auch überzeugt, daß kein noch so mächtiger Sterblicher im Stande sei, ihren fliegenden Lauf zu hemmen. Fest gewurzelt, wie sie schon jetzt steht, muß und wird sie sich je länger desto mehr ausbreiten, und ohne sich heraussetzen zu lassen von dem Namen einer Königin der Wissenschaften, den man ihr gegeben, mit ihren ebenbürtigen Schwestern Hand in Hand gehen, das

große Werk der Menschenerziehung zu fördern, denn sie bedarf nicht der äußeren Herrschaft. Jenes stolzen Titels wird sie nur eingedenk sein, um stets ihre innere Würde zu bewahren und den Geschlechtern der Erde zu beethätigen, daß sie himmlischen Ursprungs sei.

Schlußbemerkungen.

Die Vollendung dieses Werks hat eine längere Zeit auf sich warten lassen, als dem Leser wie dem Verfasser lieb gewesen sein mag. Dringende anderweitige Berufsgeschäfte und Reisen des Autors tragen den größten Theil der Schuld: gleichwohl würde es ganz gut möglich gewesen sein, schon vor geraumer Zeit fertig zu werden, wenn ich mich hätte darauf beschränken wollen, nur bereits früher gedruckte Aufsätze, etwa mit der nöthigen Ueberarbeitung, hier zusammenzustellen. Ich glaubte aber dem der ersten Lieferung zu Theil gewordenen Beifall nicht besser entgegen zu können, als indem ich theils mehrere ganz neue Abhandlungen hinzufügte, so daß diese jetzt mehr als ein Drittel des Ganzen umfassen, theils aber die früheren erheblicher und dem neuesten Zustande der Wissenschaft entsprechender umgestaltete.

Wenn man dessen ungeachtet die beiden allerjüngsten wichtigen Entdeckungen, die eines neuen Planeten im December 1845 und die einer Kometentheilung in zwei besondere Körper im Januar 1846 in diesen Briefen vermissen wird, so hat dies seinen Grund darin, weil wir beider Erscheinungen bisher nur als merkwürdiger Phänomene gedenken,

ein wissenschaftliches Resultat jedoch noch nicht geben konnten. Mit einer bloßen Wiederholung dessen, was durch die Tagespresse ohnehin bekannt genug ist, wäre schwerlich Jemandem gedient gewesen. Ergebnisse von bleibendem Werthe sind erst dann zu erwarten, wenn die gegenwärtige Erscheinung beider Körper vorüber, und namentlich von dem letztern alle Beobachtungen, die in den verschiedenen Gegenden der Erde angestellt sein mögen, gesammelt und berechnet sind.

Druckfehler.

- S. IV. Z. 3 v. u. ließ: einem gelehrten Tache statt: einer gelehrten Epoche
- S. 137 Z. 11 v. u. } ließ: Bailly statt: Bailly
- S. 138 Z. 3 v. o. }
- S. 176 Z. 12 v. o. ließ: Sauerstoff statt: Feuerstoff
- S. 281 Z. 5 v. u. ließ: nach statt: noch
- S. 319 Z. 8 v. o. fehlt nach neunzehnten das Wort Jahrhundert
- S. 332 Z. 10 v. o. ließ: 700,000 statt: 70,000